ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès des sciences au service du genre humain

VOLUME V · 1946

Endeavour

VOLUME V 1946

LISTE DES ARTICLES par ordre alphabétique des noms d'auteurs

Auteurs	*Articles*	*Page*
ARTICLES DE TÊTE	L'Avenir de l'Homme	1
	La Formation des Hommes de Science	81
	Les Méthodes et les Limitations de la Science	125
	Le Rôle social de la Science	41
BULMAN, O. M. B.	L'Histoire géologique de la Grande-Bretagne	43

O. M. B. BULMAN est Professeur de Paléozoologie à l'Université de Cambridge. Il a publié de nombreux articles de géologie, et il est Rédacteur adjoint du *Geological Magazine*.

CALDIN, E. F.	La Science et la Société: Principes fondamentaux	70
	Les Valeurs de la Science	160

E. F. CALDIN est Professeur de Chimie physique à l'Université de Leeds. En dehors de la chimie il s'intéresse principalement à la philosophie, particulièrement dans ses rapports avec la science.

CAMPBELL, N.	La Fluorescence des Composés organiques	155

N. CAMPBELL est Professeur de Chimie organique à l'Université d'Edimbourg. Ses recherches ont porté notamment sur le naphtalène, le carbazol et la benzanthrone.

DINGLE, H.	Tycho Brahé, 1546–1601	137

H. DINGLE est Professeur d'Histoire et de Philosophie de la Science à University College, à Londres, et Vice-président de la Royal Astronomical Society. Son travail scientifique a porté surtout sur la spectroscopie, la relativité, et les aspects philosophiques de la science.

ELLINGHAM, H. J. T.	« The Imperial College of Science and Technology »	90

H. J. T. ELLINGHAM est Secrétaire du Royal Institute of Chemistry. Il s'intéresse particulièrement au point de vue scientifique à divers aspects de la thermodynamique chimique; il a été également très attiré par l'administration. Il est, sous ces deux rapports, rattaché à l'Imperial College de Londres.

GRAY, J.	Les Migrations des Vertébrés	83

J. GRAY est Professeur de Zoologie à l'Université de Cambridge. Il s'intéresse particulièrement à la cytologie animale.

HUNKIN, J. W.	William Curtis, Fondateur du *Botanical Magazine*	13

J. W. HUNKIN est Evêque de Truro. Il possède des titres universitaires en mathématiques et en théologie, et il est également un excellent botaniste.

HUXLEY, J. S.	Les Espèces et l'Evolution	3

J. S. HUXLEY vint d'être récemment nommé Secrétaire Général de la Commission préparatoire de l'Organisation Educative, Scientifique et Culturelle des Nations Unies. Il a été Secrétaire de la Zoological Society de Londres et s'intéresse aux sciences biologiques en général.

JOHNSON, SIR NELSON	Quelques Aspects récents de la Météorologie	127

SIR NELSON JOHNSON est Directeur du Bureau Météorologique du Ministère de l'Air à Londres.

KENDALL, J.	La Société Royale d'Edimbourg	54

J. KENDALL est Professeur de Chimie à l'Université d'Edimbourg et Secrétaire-Général de la Société Royale d'Edimbourg.

LISTE DES ARTICLES *(suite)*

Auteurs	*Articles*	*Page*
LOVELL, A. C. B.	Les Rayons cosmiques et leur Origine	74

A. C. B. LOVELL est Professeur de Physique à l'Université de Manchester. Pendant la guerre il a joué un rôle important dans le développement de la radiolocation par les ondes courtes. A Manchester il a maintenant repris ses travaux sur les rayons cosmiques.

MARRIAN, G. F.	Le Métabolisme de l'Hormone oestrogène	35

G. F. MARRIAN est Professeur de Chimie appliquée à la Médecine à l'Université d'Edimbourg. Son sujet scientifique principal est l'étude des hormones sexuelles.

MATTHEWS, L. H.	Les Baleines et la Pêche à la Baleine	116

L. H. MATTHEWS est titulaire d'une bourse de recherche à l'Université de Bristol. Il a beaucoup voyagé en étudiant la morphologie et la physiologie des mammifères, et il a passé quatre années avec l'expédition du *Discovery*.

MATTICK, A. T. R.	Quelques Aspects de la Bactériologie du Lait	24

A. T. R. MATTICK est Directeur de la Section de Bactériologie du National Institute for Research in Dairying, Il s'intéresse particulièrement à l'examen bactériologique des produits de laiterie et à l'application des méthodes statistiques aux problèmes biologiques.

MOTT, N. F.	L'Etat actuel de la Physique mathématique	107

N. F. MOTT est Professeur de Physique mathématique à l'Université de Bristol. Il s'intéresse principalement aux problèmes concernant la physique atomique, les métaux, et les émulsions photographiques.

PATERSON, SIR CLIFFORD	L'Eclairage électrique par Luminescence	18

SIR CLIFFORD PATERSON est Directeur des Laboratoires de Recherche de la General Electric Company, à Wembley. Il s'intéresse particulièrement aux problèmes concernant la lumière et l'éclairage.

ROSE, F. L.	Un nouveau Médicament contre le Paludisme, la Paludrine	65

F. L. ROSE s'occupe depuis 1942 de recherches spéculatives de chimiothérapie pour les Imperial Chemical Industries

SMITH, G.	Les Moisissures et la Guerre dans les Régions tropicales	110

G. SMITH est Démonstrateur de recherche en Biochimie à la London School of Hygiene and Tropical Medicine. En 1945 il devint Président de la British Mycological Society. Ses principaux sujets d'études scientifiques sont les problèmes concernant les textiles, la taxinomie des moisissures, et les antibiotiques.

STEPHENSON, T. A.	Les Récifs de Coraux	96

T. A. STEPHENSON est Professeur de Zoologie à University College à Aberystwyth. Il était chargé de la Section d'étude des Récifs au cours de l'Expédition sur les Récifs de la Grande Barrière, de 1928 à 1929. Au point de vue biologique il s'intéresse à l'écologie des bords de la mer, aux anémones de mer, et aux coraux.

WALLACE, T.	Les Carences minérales chez les Végétaux	58

T. WALLACE est Directeur de la Station de Recherche de Long Ashton et Professeur de Chimie horticole à l'Université de Bristol. Il s'intéresse surtout à l'étude de la nutrition des arbres fruitiers, comportant également l'étude des sols et de la chimie et de la physiologie des fruits de plein-vent.

WALLIS, F. S.	Le Rôle des Musées dans la Vulgarisation scientifique	149

F. S. WALLIS est Conservateur du City Museum à Bristol, et Rédacteur Honoraire du *Museums Journal*.

WALSH, J. W. T.	La Mesure des Sources lumineuses colorées	142

J. W. T. WALSH est membre de la Section de Photométrie du National Physical Laboratory à Teddington. Il s'intéresse d'une façon générale aux problèmes concernant l'éclairage. Il a été Président de la Illuminating Engineering Society.

WARDLAW, C. W.	Cycle anatomique des Fougères	29

C. W. WARDLAW est Professeur de Botanique cryptogamique à l'Université de Manchester. Il s'intéresse particulièrement à la botanique des fruits tropicaux et à leur transport et à leur conservation.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVENIR de l'Homme, L', ARTICLE DE TÊTE	1
BACTÉRIOLOGIE de Lait, Quelques Aspects de la, A. T. R. MATTICK	24
BALEINES et la Pêche à la Baleine, Les, L. H. MATTHEWS	116
CARENCES minérales chez les Végétaux, Les, T. WALLACE	58
CORAUX, Les Récifs de, T. A. STEPHENSON	96
CURTIS, William, Fondateur du *Botanical Magazine*	13
ÉCLAIRAGE électrique par luminescence, L', SIR CLIFFORD PATERSON	18
ÉDIMBOURG, La Société Royale d', J. KENDALL	54
ÉVOLUTION, Les Espèces et l', J. S. HUXLEY	3
FLUORESCENCE des Composés organiques, Les, N. CAMPBELL	155
FORMATION des Hommes de Science, La, ARTICLE DE TÊTE	81
FOUGÈRES, Cycle anatomique des, C. W. WARDLAW	29
GRANDE-BRETAGNE, L'Histoire géologique de la, O. M. B. BULMAN	43
IMPERIAL College of Science and Technology, The H. J. T. ELLINGHAM	90
JEANS, Sir James Hopwood	154
MESURE des Sources lumineuses colorées, La, J. W. T. WALSH	142
MÉTABOLISME de l'Hormone oestrogène, Le, G. F. MARRIAN	35
MÉTÉOROLOGIE, Quelques Aspects récents de la, SIR NELSON JOHNSON	127
MÉTHODES et les Limitations de la Science, Les, ARTICLE DE TÊTE	125
MIGRATIONS des Vertébrés, Les, J. GRAY	83
MOISISSURES, et la Guerre dans les Régions tropicales, Les, G. SMITH	110
MUSÉES dans la Vulgarisation scientifique, Le rôle des, F. S. WALLIS	149
PALUDRINE, Un nouveau Médicament contre le Paludisme, La, F. L. ROSE	65
PHYSIQUE mathématique, État actuel de la, N. F. MOTT	107
RAYONS cosmiques et leur Origine, Les, A. G. B. LOVELL	74

REVUE DES LIVRES:

	page
Animal Cytology and Evolution, M. J. D. WHITE	123
Aqueous Solution and the Phase Diagram, F. F. PURDON *et* V. W. SLATER	164
Butterflies, E. B. FORD	123
Chemical Crystallography, C. W. BUNN	123
Chemicals, Humus, and the Soil, D. P. HOPKINS	80
Chemistry of Cullulose, An Introduction to, J. T. MARSH *et* F. C. WOOD	124
Chromatography, An Introduction to, T. I. WILLIAMS	163
Colloids. Their Properties and Applications, A. G. WARD	80
Colorimetric Analysis, N. L. ALLPORT	40
General and Inorganic Chemistry for University Students, J. R. PARTINGTON	164
Gyroscope and its Applications, The, MARTIN DAVIDSON	124
Industrial Mycology, An Introduction to, G. SMITH	123
London's Natural History, R. S. R. FITTER	124
Metallic Corrosion, Passivity, and Protection, U. R. EVANS	163
Micro-analysis in Medical Biochemistry, E. J. KING	164
Optics, Practical, B. K. JOHNSON	39
Organic Reagents for Organic Analysis, RESEARCH LABORATORY STAFF, HOPKIN & WILLIAMS LTD.	40
Radio Receiver Design, Part II, K. R. STURLEY	123
Sea Water, Recent Advances in the Chemistry and Biology of, H. W. HARVEY	124
Structural Inorganic Chemistry, A. F. WELLS	40
Textile Bleaching, An Introduction to, J. T. MARSH	164
Trees in Britain, L. J. F. BRIMBLE	163
Wave Mechanics, Elementary, W. HEITLER	80
Wave-form Analysis, R. G. MANBY	40
X-ray Metallography, An Introduction to, A. TAYLOR	80

SCIENCE et la Société: Principes fondamentaux, La, E. F. CALDIN	70
SCIENCE, Le Rôle Social de la, ARTICLE DE TÊTE	41
TYCHO BRAHÉ, 1546–1601, H. DINGLE	137
VALEURS de la Science, Les, E. F. CALDIN	160

Fait et imprimé en Grande-Bretagne par THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, pour les éditeurs,* IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *London,* S.W.1

ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME V JANVIER 1946 NUMÉRO 17

L'avenir de l'homme

Le pouvoir de libérer à volonté l'énergie atomique constitue le point culminant de deux siècles de recherche scientifique. Il est fort probable que ce sera là l'évènement le plus important de l'histoire de l'humanité. Bien des gens — et non des moins sages — ne voient de salut possible pour l'humanité que si l'on décrète l'arrêt complet de toute recherche scientifique. Leur imagination, nourrie des horreurs effroyables des dernières années, ne leur présente que trop nettement la catastrophe universelle qui résulterait probablement de l'emploi comme arme de guerre de cette nouvelle source d'énergie. Il serait vain de nier l'existence d'une telle possibilité, mais le remède proposé n'est ni pratique ni souhaitable. Il est normal pour l'homme de rechercher de nouveaux terrains d'exploration, tant dans le domaine de la pensée que dans celui de l'action pratique et aucune législation ne pourrait paralyser cette impulsion. Il faut reconnaître d'autre part que la science comporte au moins autant de promesses dans le sens du bien que dans celui du mal et qu'arrêter la science reviendrait à arrêter tout espoir d'amélioration du sort humain. Ce qui se présente dans la phase actuelle de l'histoire c'est que la science fait naître des problèmes à une vitesse qui dépasse celle de leur résolution, mais cela serait faire preuve de pessimisme que de supposer que cette disparité ne puisse être réduite en son temps.

Il est facile de perdre de vue en examinant les problèmes mondiaux actuels le fait que l'homme est un produit de l'évolution des êtres organisés et que l'évolution est un processus dynamique, toujours en activité. Toute tentative de prévision s'étendant au-delà du futur immédiat doit tenir compte de la possibilité de nouveaux changements évolutionnaires, et l'on pourra porter un jugement plus sain sur les difficultés actuelles si l'on part de ce point de vue. Nous publions dans le présent numéro un article du docteur Julian Huxley, ayant pour sujet l'évolution. L'une de ses conclusions les plus intéressantes concerne l'homme. Du point de vue morphologique l'homme a relativement peu changé, si l'on en juge d'après les restes humains les plus anciens que l'on connaisse. Il n'a pas évolué en donnant naissance à des formes nouvelles, fortement spécialisées. Dans le cas d'autres types importants d'êtres organisés ce genre de spécialisation est finalement parvenu à un palier, les nouveaux changements ayant seulement pour résultat la formation d'espèces et de genres nouveaux mais non pas de types complètement nouveaux. Il semble donc possible que, dans le cas de l'homme, dont l'histoire mesurée en époques géologiques est très brève, les changements soient encore à venir.

Il est difficile d'évaluer les possibilités de tels changements. D'après des documents écrits et l'étude des premières civilisations, il semble que l'on arrive inévitablement à la conclusion que l'intelligence humaine n'a pas fait de progrès sensibles au cours des cinq ou six mille dernières années. Les sages de l'ancienne Egypte, d'Assyrie et de Babylone, les philosophes de l'antiquité classique, l'élite intellectuelle de l'Inde, de la Chine et de l'Islam, semblent avoir été capables de penser d'une façon aussi profonde et féconde que leurs meilleurs équivalents modernes. Leur pensée, il est vrai, était dirigée dans des directions différentes de celles qui sont suivies aujourd'hui, mais il n'y a aucune raison de supposer que, s'ils avaient eu à leur disposition nos traditions et nos connaissances, les hommes d'il y a deux ou trois mille ans n'auraient pu faire les découvertes qui font à la fois la gloire et le danger du vingtième siècle. Le pouvoir de raisonnement existait certainement, mais la matière nécessaire à son exercice et à sa subsistance n'avait pas encore été accumulée. Le fait que l'homme moyen de 1946

soit bien mieux informé que ses prédécesseurs, ne fût-ce même que ceux du siècle précédent, doit certainement être attribué au perfectionnement des méthodes de vulgarisation des connaissances plutôt qu'à une augmentation des facultés d'assimilation. Et l'on ne peut guère nier que l'une des principales raisons de nos difficultés actuelles provienne justement du fait que ces connaissances sont étendues à des gens dont l'esprit n'est pas suffisamment cultivé pour en tirer avantage.

Il semble, par conséquent, que, sans ignorer de façon absolue la possibilité d'une évolution soudaine des capacités et des qualités mentales de l'homme, il y ait toutes chances qu'il continue à faire des découvertes — à les appliquer bien ou mal — avec le même degré d'intelligence que celui dont il jouit aujourd'hui. Toutefois un autre facteur entre en jeu. Il n'y a eu, jusqu'à présent, aucun signe montrant que les progrès de la science soient entravés par les bornes du cerveau humain, mais il est légitime de supposer que, tôt ou tard, on atteindra un stade que le cerveau ne pourra dépasser. La succession continuelle des guerres pourrait être prise comme une preuve que ce stade est déjà atteint en ce qui concerne la morale; cette limite se rencontrerait, dans ce cas, aussi sûrement dans le cas de la science.

Ces réflexions nous amènent à l'intéressante question de savoir s'il sera un jour possible d'améliorer artificiellement le cerveau humain. On connaît des substances qui — comme l'amphetamine—semblent, dans le cas de tests d'intelligence simples, augmenter temporairement la puissance de raisonnement. Toutes les drogues de ce genre découvertes jusqu'à ce jour présentent de sérieux inconvénients qui font que l'on ne peut en généraliser l'emploi même si leur effet sur l'intelligence est appréciable, mais il n'est pas impossible que les biochimistes des générations futures arrivent à fabriquer synthétiquement des substances dans lesquelles les propriétés bienfaisantes auront été développées et les actions nocives rendues négligeables.

La stimulation chimique n'est évidemment qu'une des méthodes grâce auxquelles il pourrait être possible de rendre le cerveau humain mieux adapté aux divers efforts qu'il pourrait avoir à fournir. Des travaux récents de biologie expérimentale ont montré que le contrôle des chromosomes pourrait être un instrument puissant dans la détermination des formes de vie et il se peut que dans l'avenir il devienne possible de l'appliquer à l'homme lui-même. Nous avons toute raison de croire que, en son temps et à sa manière, il sera un jour possible à l'homme de perfectionner l'homme naturel, ce qui ne serait pas plus miraculeux que bien des choses accomplies jusqu'à ce jour.

On peut se demander si la science n'a pas dépassé le développement moral au point de faire des années que vont suivre la période la plus critique et la plus dangereuse de l'histoire du monde. Les opinions varient à ce sujet, ce qui n'a rien de surprenant. La monstrueuse dévastation causée au Japon par deux bombes atomiques fait naître dans certains esprits l'espoir que les nations éviteront dorénavant la guerre, ne serait-ce que pour éviter de voir vainqueur et vaincu entraînés dans le même gouffre. D'autres, plus fatalistes, éprouvent un certain pessimisme en ce qui concerne le bon sens humain et prévoient le suicide de la civilisation et même de l'homme, par l'instrument qui représente son suprême effort de pensée logique. Le temps seul montrera laquelle de ces deux opinions est exacte — à moins qu'une troisième ne triomphe; mais c'est peut-être faire preuve d'un pessimisme exagéré que de supposer que, dans le cas d'une guerre atomique, il y aurait si peu de survivants que la race humaine serait dans l'impossibilité totale de faire renaître une vie civilisée. Bien des grandes civilisations furent détruites ou sombrèrent dans la décrépitude, mais ces évènements, si lamentables et calamiteux qu'ils aient pu paraître à l'époque, n'ont suffi à empêcher dans l'ensemble le développement plus ou moins régulier de l'humanité. Si le développement de la civilisation est un processus évolutionnaire, nous devrions nous rappeler que l'on ne considère plus l'évolution comme un phénomène continu, mais plutôt comme surgissant de plusieurs points différents et progressant le long de divers sentiers divergents ou convergents, selon le cas. L'univers est peut-être arrivé à l'heure actuelle à l'un de ces carrefours.

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, London, S.W.1.

Les espèces et l'évolution

JULIAN S. HUXLEY

Il s'est écoulé moins d'un siècle depuis le moment où Charles Darwin exposa dans son livre célèbre, *Origin of Species*, les preuves de l'évolution des êtres organisés. Aujourd'hui les principes fondamentaux sont fermement établis et les biologistes cherchent à en élucider le mécanisme. Julian Huxley discute dans cet article les vues actuelles sur ce sujet. Il arrive à une conclusion intéressante selon laquelle les phénomènes les plus importants de l'évolution sont probablement terminés, sauf en ce qui concerne l'homme lui-même.

PORTÉE DU PROBLÈME

Lorsque Darwin écrivit son ouvrage célèbre, il l'intitula *Origin of Species* (L'origine des espèces) parce que c'était alors le nœud du problème de l'évolution. Ou bien les espèces avaient été créées dès le début avec des caractères fixes et immuables, ce qui écartait toute évolution; ou bien elles pouvaient se modifier et se transformer en des types entièrement nouveaux, ce qui rendait la théorie de l'évolution indiscutable.

Aujourd'hui le point de vue est tout différent. L'évolution est généralement acceptée comme un fait; nous savons que les espèces changent. Les biologistes essaient maintenant de découvrir ce qu'ils peuvent concernant les différents modes d'évolution, les différentes catégories d'espèces, et les différentes façons dont elles peuvent prendre naissance.

On fait maintenant une distinction fondamentale entre, d'une part les modifications lentes et à longue échéance qui mènent à un perfectionnement du type général, et d'autre part la variation brusque et sans portée. La lignée équine par exemple, a acquis au cours de dizaines de millions d'années des molaires et des sabots de plus en plus parfaits au point de vue fonctionnel. C'était là une modification à longue échéance. Mais aujourd'hui les chevaux, les zèbres et les ânes ne présentent que des variations peu importantes par rapport au plan général du cheval parfait (figure 1), et à chaque époque le type lui-même s'était diversifié en de nombreuses espèces différentes, toutes à peu près au même stade de la modification principale.

Qu'est-ce qu'une espèce? Dans un sens ce n'est pas autre chose qu'un groupe d'animaux ou de végétaux semblables que l'on est tombé d'accord pour désigner par un nom latin. C'est ainsi que les oiseaux appelés communément linotte appartiennent à l'espèce *Carduelis flammea*, *Carduelis* est le nom du genre, *flammea* celui d'une espèce à l'intérieur de ce genre. Mais cette attribution de noms spécifiques n'est pas simplement arbitraire. Les espèces sont aussi des groupes naturels, qui peuvent généralement être définis par une combinaison des critères suivants. Premièrement, les membres de ces groupes habitent une même région géographique, ce qui est expliqué par l'hypothèse d'une origine commune pour toute l'espèce. Deuxièmement, ils se reproduisent par croisement entre eux, ou en tout cas pourraient le faire. Troisièmement, ils possèdent certains caractères distinctifs communs. Quatrièmement, d'une manière générale ils ne se croisent pas avec d'autres groupes, ou s'ils le font, la fécondité de ces croisements est réduite.

Il y a des exceptions à tous ces critères; leur importance varie selon les différentes formes; et dans certains cas intermédiaires l'évolution de certains groupes n'a réalisé qu'une sorte de semi-spécificité.

Examinons d'abord les variations à l'intérieur des espèces. J'ai parlé plus haut de la linotte. Elle se rencontre en Grande-Bretagne et dans presque toute l'Europe centrale. Les linottes du nord de l'Europe, de Sibérie et du Canada, bien que très similaires sont nettement moins foncées et un peu plus grandes, leur nom vulgaire est linotte cabaret. Au Groenland elles sont encore plus grandes, mais plus foncées. Ces trois groupes géographiques sont trop semblables pour être appelés espèces; on les appelle des *sous-espèces* et on leur donne un troisième nom: la linotte cabaret s'appelle *Carduelis flammea cabaret*; la linotte *C. f. flammea*; et celle du Groenland est *C. f. rostrata* (figure 3). Une autre série de linottes de l'extrême nord est tout à fait distincte par son ventre et son croupion non rayés. On en fait donc une espèce différente, *C. hornemanni*.

SOUS-ESPÈCES GÉOGRAPHIQUES

Des formes distinctes vivant dans des îles ne

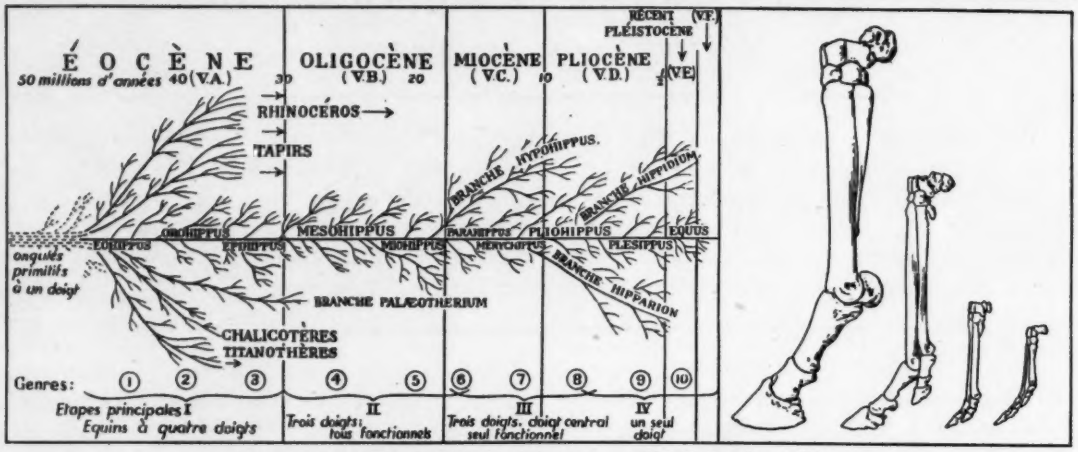


FIGURE 1 – *Une modification à long terme. L'évolution des équidés.*

(a) à gauche. L'évolution de la lignée équine à partir des ongulés périssodactyles primitifs a pris à peu près cinquante millions d'années. (Pour le Pléistocène et les périodes récentes l'échelle de temps est exagérée par rapport au reste du diagramme.) De nombreuses branches latérales ont pris naissance et se sont éteintes, mais la souche principale est restée continue.

(b) à droite. Etapes de l'évolution: série de pied de devant gauche. A droite, Eohippus, trois de ses quatre doigts sont visibles (cinquième, quatrième, et troisième). Le suivant est le Mesohippus avec trois doigts plus longs, tous fonctionnels. Le cinquième doigt est réduit à un petit os métacarpien. Le suivant est le Merychippus. Il possède des sabots, mais le quatrième et le second doigt sont petits et ne touchent pas le sol, le troisième doigt (central) est plus grand. A gauche, cheval moderne (Equus). Le second et le quatrième doigts sont des os métacarpiens et ont perdu leurs sabots. Le doigt central est très grand et porte un sabot. L'évolution se produit dans le sens d'une augmentation de taille et de la rapidité de la course.

(*Extrait de* The Science of Life, *édition en 3 volumes. Avec l'autorisation de H. G. Wells, J. S. Huxley, et G. P. Wells.*)

peuvent pas se croiser librement avec leurs voisines; mais lorsqu'elles sont suffisamment semblables à celles-ci pour que l'on puisse supposer que leur croisement serait fécond, on les appelle généralement des sous-espèces.

Dans la diversification géographique, plusieurs facteurs entrent en jeu. Ce sont d'une part, l'adaptation aux conditions locales; d'autre part, l'influence de l'isolement qui entraîne une divergence plus rapide entre les groupes; dans des populations isolées et peu nombreuses des changements « accidentels » et non adaptatifs peuvent devenir permanents.

Sumner nous a donné quelques faits intéressants observés en Floride sur le rongeur nord-américain, *Peromyscus polionotus* (figure 4). On trouve sur un banc isolé de sable blanc une espèce presque blanche. La bande côtière, large de 50 km environ et dont le sol sablonneux est assez clair, est habitée par une sous-espèce relativement pâle. La sous-espèce de la zone de l'intérieur a un pelage sombre bien adapté à la couleur du sol. La forme blanche est une forme de protection par adaptation au sable blanc. Mais elle n'a pu exister que grâce à son isolement; en effet, sur la plage également blanche de la côte continentale, les souris sont seulement plus pâles qu'à l'intérieur.

A l'endroit où la sous-espèce pâle et la sous-espèce foncée se rencontrent sur le continent, il existe une zone, large de quelques kilomètres seulement, dans laquelle la coloration moyenne fonce rapidement. Mais on note également à côté de ce changement dans la coloration moyenne, une augmentation nette de variabilité. Il ne peut y avoir à cela qu'une explication: le croisement entre deux types distincts, avec les combinaisons de caractères qui en résultent. Les deux sous-espèces présentent une adaptation générale à la coloration du sol.

Il y a encore deux complications. La forme côtière semble s'être récemment étendue jusqu'à la lisière de la zone intérieure au sol foncé qui possède du côté regardant la mer une étroite bande de sable blanc. De sorte que, au point de vue coloration, la sélection donnera des formes côtières plus pâles à l'une des lisières, plus foncées à l'autre, et il en résulte une série de caractères intermédiaires.

Nombre d'oiseaux et de mammifères présentent ce caractère général de posséder des sous-espèces stabilisées qui restent assez constantes dans des régions relativement étendues et qui sont séparées par d'étroites bandes dans lesquelles les caractères changent rapidement.

Dans d'autres cas, les habitants d'une zone continue diffèrent d'une portion à l'autre de celle-ci suffisamment pour qu'on puisse les appeler sous-espèces mais l'on n'a trouvé ni coupure nette, ni zone étroite de variétés intermédiaires.

ÉCOTYPES

Les botanistes préfèrent généralement, lorsqu'il s'agit de plantes, appeler *écotypes* les variétés les plus simples dont l'ensemble donne une espèce. A l'origine ce terme servait à désigner une forme ou un groupe adapté à un ensemble donné de conditions de milieu. C'est le botaniste suédois Turesson qui employa ce terme pour la première fois. Il montra par exemple que l'on peut distinguer trois écotypes de l'herbe scandinave *Poa alpina*, ils appartiennent aux régions alpines, subalpines et des basses-terres. Ces écotypes diffèrent par divers caractères morphologiques, et surtout par leurs caractères écologiques, tels que les besoins en eau et l'époque de la floraison. Les différences essentielles sont héréditaires.

Les écotypes correspondent parfois aux sous-espèces existant chez les animaux supérieurs. Une équipe de botanistes californiens, dirigée par Clausen, a cultivé expérimentalement à des altitudes variées des écotypes des diverses espèces végétales. La potentille *P. glandulosa* par exemple, possède un écotype très distinct dans la région de la chaîne côtière, et un autre dans les contreforts de la Sierra Nevada. Ils sont tous deux séparés géographiquement et constituent nettement des sous-espèces. Mais dans une région plus élevée de la Sierra il n'en est pas tout à fait ainsi. Au delà d'une certaine altitude on trouve un écotype de pâturage de colline à côté de la forme des contreforts. Mais ces écotypes restent distincts, même dans cette zone, par leurs besoins écologiques: la forme des contreforts se confine pratiquement aux versants secs, celle des altitudes plus élevées aux prairies humides.

Gregor a décrit en Ecosse une disposition de ce genre pour le plantain maritime, *Plantago maritima*. Dans beaucoup de régions on passe graduellement de zones boueuses, salines, à des régions plus sèches et moins maritimes. Les plantains présentent une gradation correspondante dans leurs différents caractères: hauteur moyenne par exemple allant de 20 à 50 cm. Il semble clair que les conditions de milieu agissent comme un moyen de sélection. De nombreux écotypes variés pourraient être produits mais leurs besoins les séparent de telle sorte qu'une gradation rapide du milieu s'accompagne de la gradation des caractères de la plante: cette forme d'écotype est tout à fait différente d'une sous-espèce.

Pour revenir à la potentille californienne, on a trouvé qu'à des altitudes encore plus élevées cette plante avait un écotype subalpin et un écotype alpin, le premier de plus grande taille et fleurissant plus tard, le second nettement nain mais fleurissant plus tôt. Mais dans ce cas les deux écotypes se confondent graduellement sur une zone extrêmement large.

ISOLEMENT GÉOGRAPHIQUE

La divergence des groupes peut s'accentuer, et c'est ce qui arrive souvent lorsqu'il y a isolement. Ceci est aussi vrai pour la formation des sous-espèces que pour celle des espèces. De plus, comme l'a montré le Professeur Sewall Wright, les populations peu nombreuses peuvent subir ce que nous pouvons appeler des accidents d'évolution. Des gènes anciens peuvent disparaître entièrement, et il peut y avoir, par pure chance, fixation de mutations ou de combinaisons de gènes inutiles (ou même nuisibles).

Un joli exemple de ceci est le cas des lézards de l'Adriatique. La submersion progressive de la côte a amené l'isolement de populations de lézards sur plusieurs îles. Comme on pouvait s'y attendre, les populations des îles diffèrent de celles du continent dans une mesure approximativement proportionnelle à la durée de leur séparation (mesurée en fonction de la profondeur de l'eau entre les îles et le continent). Mais cette diversité ce produit également en fonction de la dimension de l'île et par conséquent de l'importance de la population.

Il est évident que des espèces vraies peuvent se développer elles aussi par suite de l'isolement. C'est ainsi qu'en Grande-Bretagne la gélinotte d'Ecosse provient évidemment de la même souche que la gélinotte blanche du continent européen. Et cependant elle en diffère non seulement par des traits secondaires tels que les plumes sombres des ailes, mais aussi parce qu'elle ne devient pas blanche en hiver. Elle est donc classée comme une espèce distincte et appelée *Lagopus scoticus*. Il est intéressant de noter qu'aucun autre oiseau britannique n'a dépassé dans sa variation le stade de sous-espèce.

Il semble que ce soit une question de temps, car sur les archipels anciens le processus peut aller plus loin encore. Mayr l'a démontré pour les pigeons aboyeurs (*Ducula*) du Pacifique (figure 2).

Une fois que l'isolement a permis l'évolution de formes distinctes qui ne se croisent pas entre

elles, ces espèces peuvent se répandre plus loin et se chevaucher dans leur répartition au lieu de se remplacer mutuellement dans différentes régions géographiques comme de simples sous-espèces. Les deux formes diffèrent généralement quelque peu dans leur adaptation et leur mode de vie. C'est ainsi que le pouillot et le grand pouillot qui sont très proches parents vivent maintenant côte à côte en Grande-Bretagne, mais qu'ils sont adaptés à des habitats légèrement différents. Il y a eu une réelle différenciation du type original, mais nous ne savons pas où la séparation s'est produite à l'origine.

VARIATIONS ÉTENDUES

Lorsque l'isolement et la diversification sont de suffisamment longue durée, on peut même voir se produire des genres et des familles. Un groupe unique peut évoluer dans diverses directions qui constituent généralement des adaptations, mais il peut y avoir également des différences plus ou moins accidentelles. L'illustration classique de ceci est le cas des pinsons des îles Galapagos. Elle est classique parce qu'elle constitue un des éléments principaux qui ont amené Darwin à croire à l'évolution.

L'archipel des Galapagos est formé de neuf îles volcaniques assez grandes et de plusieurs plus petites. Le continent le plus proche est la côte ouest de l'Amérique du Sud, distante d'environ 1.000 km. Les pinsons des Galapagos (*Geospizidae*) constituent une famille distincte n'existant que sur cet archipel et sur l'île Cocos. Ils ne se rencontrent pas sur le continent. La famille entière doit provenir d'un seul couple de pinsons entraînés accidentellement au large par le vent. Ils ont évolué depuis en cinq genres bien distincts comportant environ 20 espèces (figure 8).

Une différenciation plus nette encore s'est produite dans la famille des oiseaux mouches (*Drepanididae*) n'existant qu'aux îles Hawaï (et à l'île Laysan). Ils ont évolué en 18 genres distincts (avec 40 espèces environ), comportant non seulement des granivores et des insectivores, mais aussi des formes se nourrissant de nectar et qui ont une langue spécialement adaptée, ainsi qu'un type unique de « pic » (*Heterorynchus*) qui possède une mandibule supérieure longue pour soulever l'écorce, et une mandibule inférieure courte pour extraire les larves du bois. Quelques auteurs considèrent qu'au point de vue adaptatif ces oiseaux se sont différenciés plus que n'importe quelle autre famille d'oiseaux.

Dans les archipels de l'Océanie il semble qu'il y ait un autre facteur en jeu en dehors de l'isolement: comme la faune est peu nombreuse puisqu'elle est limitée aux descendants de quelques retardataires relativement peu nombreux, il y a moins de compétition. La pression biologique moindre favorise l'apparition de nouvelles spécialisations par adaptation.

Il semble que quelque chose de similaire se produise lorsque les ennemis sont peu nombreux: le danger moindre peut agir dans le même sens

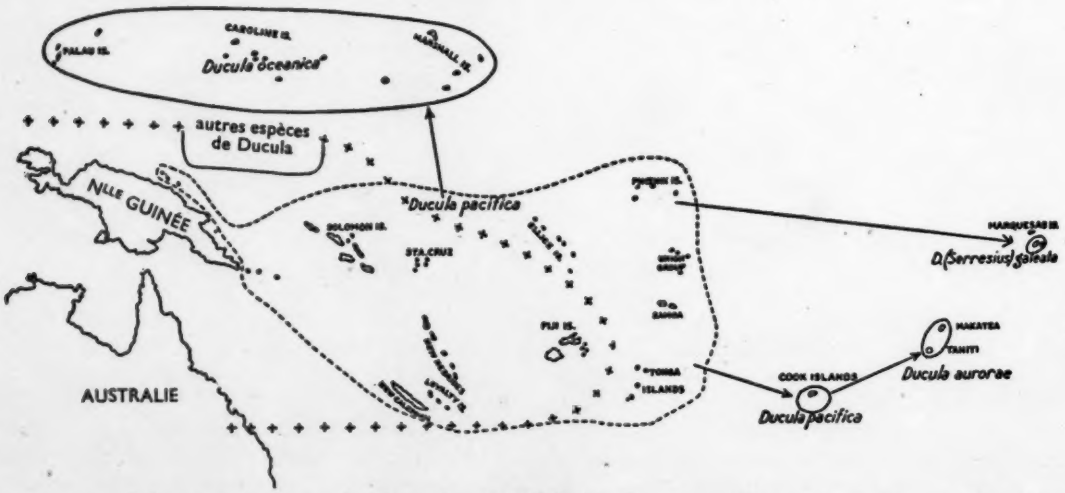


FIGURE 2 – *Isolement et divergence. Le pigeon aboyeur de Polynésie,* Ducula pacifica, *a donné naissance à des espèces très voisines dans le nord et à Tahiti. Sur les îles Marquises plus isolées il a produit une espèce si différente au point de vue de la forme du bec qu'elle avait été classée tout d'abord dans un genre différent.*

(*Extrait de* Systematics and the Origin of Species, *de E. Mayr. Avec l'autorisation de la Columbia University Press.*)

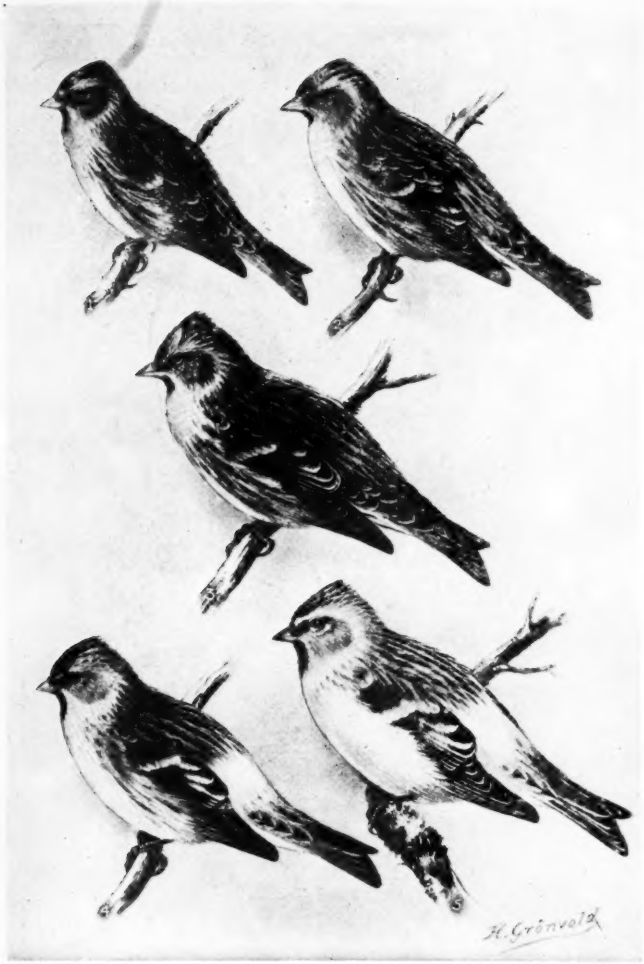
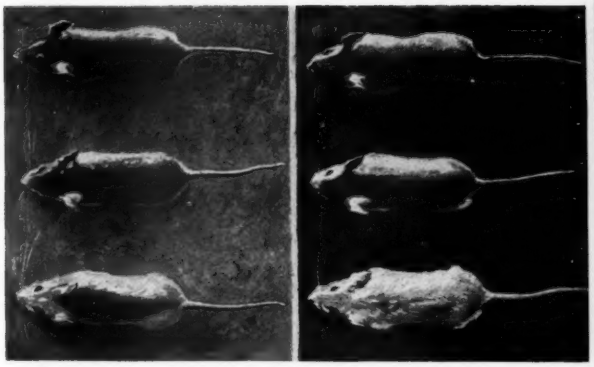


FIGURE 3 – *Espèces et sous-espèces géographiques de linotte (voir texte).*
(1) *à* (3) Carduelis flammea. *Linotte commune,* (2) *Linotte Cabaret,* (3) *Linotte du Groenland.*
(4) *et* (5) Carduelis hornemanni. *Sous-espèces du Groenland, et de Laponie et de Russie du Nord.*
(*Extrait de* Handbook of British Birds, *H. F. Witherby et col. Avec l'autorisation de MM H. F. et G. Witherby.*)



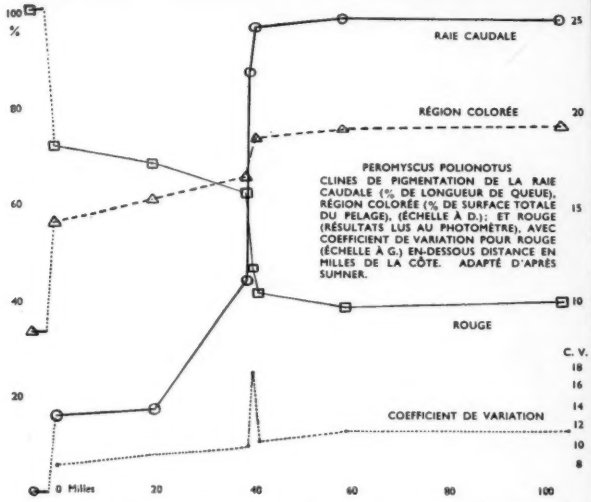


FIGURE 4 – *Sous-espèces chez un rongeur américain (voir texte).*
(*a*) *en haut. Sous-espèces de l'intérieur, de la côte, et insulaire. A gauche, sur un fond de sable blanc sur lequel vit la forme insulaire; à droite, sur le sol foncé de l'habitat de la forme de l'intérieur.*
(*b*) *Ce schéma montre les effets de la sélection et de l'isolement sur la coloration. La sous-espèce insulaire (à gauche) est isolée. La sous-espèce côtière devient plus foncée jusqu'à ce qu'elle atteigne la zone de mélange et de variabilité accrue (à* 64 *km environ de la côte). La sous-espèce insulaire est presque uniforme. (La proportion de rouge diminue à mesure que la couleur devient plus foncée.)*
(*a*) *Extrait de* The Science of Life (*édition en* 3 *volumes*). *Avec l'autorisation de H. G. Wells, J. S. Huxley, et G. P. Wells.*
(*b*) *D'après J. S. Huxley dans* Bijdragen tot de Dierkunde (*Leide*), 1939.

FIGURE 5 (*à gauche*) – *Synthèse d'une espèce.* (1) *et* (3) Galeopsis speciosa *et* G. pubescens, *deux labiées sauvages, chacune ayant* ($n = 8$) *chromosomes. L'hybride entre elles était presque stérile, mais doubla le nombre de ses chromosomes et devint fertile. Cette nouvelle espèce tétraploïde fertile est pratiquement impossible à distinguer d'une autre espèce sauvage,* G. tetrahit.
(*Extrait de* Hereditas (*Lund, Suède*) *par A. Müntzing, Vol.* 14 *Avec la permission de l'auteur et de l'éditeur.*)

FIGURE 6 – *Espèces de régions frontières.*

(*a*) *en haut. La corneille noire et la corneille mantelée ont des colorations très différentes.*

(*b*) *à gauche. Mais à l'endroit où elles se sont rencontrées à nouveau après la période glaciaire elles se croisent et donnent des hybrides fertiles. Le domaine de la corneille noire est indiqué par des points, celui de la corneille mantelée par des traits verticaux, et les zones d'hybridation par une teinte plus foncée (voir texte).*

(*a*) *Extrait de* Yarrell's British Birds. (*b*) *Extrait de* Handbook of British Birds *Avec la permission de MM H. F. et G. Witherby.*

FIGURE 7 – *Une espèce allotétraploïde peut réussir mieux que ses parents.* Spartina townsendii (*voir texte*) *a pu coloniser des régions sur lesquelles l'espèce mère* S. stricta *n'avait pas pu se développer.*

(*a*) *à gauche. Premières étapes dans la colonisation d'une plage de vase à Poole Harbour.* (*Photographie de R. V. Sherring.*)

(*b*) *à droite. Le même endroit, treize ans plus tard.* (*Photographie de F. W. Oliver.*)

(*Extrait de* The British Islands and their Vegetation, *de A. G. Tansley. Avec l'autorisation de l'auteur.*)

que la compétition moindre. Le meilleur exemple en est celui du petit poisson « Cichlid » des lacs d'Afrique orientale. Tous ces lacs sont isolés et dans chacun se trouvent des espèces de Cichlid particulières à ce lac, ou *endémiques* comme les appellent les biologistes. Les gros poissons prédateurs *Lates* et *Hydrocyon* ont réussi à envahir quelques-uns de ces lacs, mais pas tous. Là où ils sont absents et où le danger est moindre, les espèces endémiques sont plus nombreuses et adaptées à des modes de vie plus variés.

ISOLEMENT ÉCOLOGIQUE

Si des types aussi nombreux et variés ont pu prendre naissance dans un volume d'eau continu, nous pouvons supposer que chez les animaux l'isolement géographique n'est pas le seul moyen d'arriver au stade d'espèce et que l'isolement par habitude ou par habitat peut agir dans le même sens. C'est ainsi que chez des insectes confinés à un petit nombre de plantes pour leur nourriture, on peut rencontrer ce que l'on appelle des « races biologiques » qui se distinguent par leurs préférences alimentaires. Il y a par exemple une race d'yponomeute adaptée au pommier, une autre à l'aubépine et à l'épine noire. Ces deux formes commencent leur vie larvaire de façon différente. Si on leur donne un choix de nourriture les larves des deux races montrent une préférence de 80 à 90% pour la leur; les femelles manifestent une préférence aussi marquée dans le choix de l'emplacement où déposer leurs œufs. Les chenilles obligées de manger la « mauvaise sorte » de nourriture sont généralement plus petites que les autres et souvent stériles. Enfin, la préférence pour l'accouplement entre mâles et femelles de la même race est deux fois aussi puissante que celle qui existe entre ceux de races différentes.

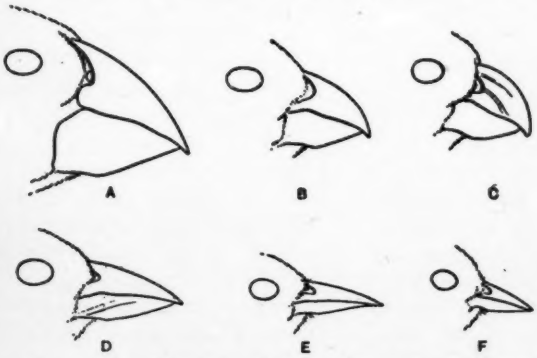


FIGURE 8 – *Divergence chez les pinsons des Galapagos. Cinq genres différents ont pris naissance.* (A) Geospiza, *comprenant des granivores à gros bec.* (B) Platyspiza, *surtout mangeurs de feuilles.* (C) Camarhynchus, *surtout insectivores.* (D) Cactospiza, *se sert d'une brindille pour faire sortir les insectes du bois.* (E) *Forme similaire à bec fin de l'île Cocos.* (F) Certhidea, *analogue à la fauvette.*

(*D'après H. S. Swath. Avec l'autorisation de* Biological Reviews, *Cambridge.*)

Nous savons que beaucoup d'insectes sont devenus des ennemis des plantes cultivées par suite d'un changement dans leurs préférences alimentaires. *Plesicoris rugicollis* par exemple qui dans la nature attaque uniquement le saule, commença en 1918 à s'attaquer au pommier et cette nouvelle race est devenue un véritable fléau.

Nous ne savons pas comment une espèce passe à une autre plante pour son alimentation. Mais aussitôt qu'elle a réussi à coloniser une nouvelle source alimentaire, il se produit une sorte d'isolement écologique, et la nouvelle souche peut persister et évoluer. En effet les adultes qui émergent sont « conditionnés », comme l'exprime le psychologiste, à l'odeur de la plante sur laquelle ils se sont nourris à l'état larvaire, et la préfèreront souvent à l'espèce originale. Thorpe a fait des expériences en aromatisant avec différents produits chimiques la nourriture de larves d'insectes attaquant les fruits et a trouvé que même avec cette alimentation plus mélangée les adultes présentent un conditionnement marqué au point de vue du choix de l'emplacement où ils déposent leurs œufs.

Les résultats obtenus par Thorpe constituent une magnifique confirmation expérimentale du principe de la « sélection organique » proposé il y a longtemps par Baldwin et par Lloyd Morgan. Ils ont suggéré qu'un changement d'habitude, sans aucune modification héréditaire, pourrait souvent être la première étape de l'évolution. La souche serait maintenue, plus ou moins fermement, dans ses habitudes, dans une nouvelle niche, jusqu'au moment où la mutation et la sélection lui donneraient une constitution héréditaire adaptée à son nouveau milieu.

PARENTÉ ÉTROITE ENTRE ESPÈCES

Lorsque des espèces très voisines habitent la même région, la barrière de croisements entre leurs représentants semble avoir été renforcée par la sélection naturelle. C'est ainsi que le grand pouillot et le pouillot fitis sont extrêmement semblables en beaucoup de points, mais diffèrent de façon marquée dans leur chant (il arrive que le grand pouillot ajoute une roulade à ses deux notes habituelles, ce qui indique qu'ils s'agit là d'une nouvelle acquisition).

Mais les signes distinctifs ne sont pas toujours aussi marqués et ce n'est qu'après des recherches

laborieuses que l'on peut montrer que ce qui était considéré comme une seule espèce en comporte en réalité deux ou davantage. On croyait par exemple qu'il n'y avait en Europe qu'une seule espèce de moustique transmettant le paludisme, *Anopheles maculipennis*. On sait maintenant qu'il en existe au moins cinq ou six groupes ne se croisant pas entre eux et qui sont donc des espèces. Elles diffèrent à peine ou pas du tout au stade adulte, et très peu au stade larvaire, mais peuvent être distinguées par leurs paquets d'œufs, qui diffèrent par la forme, la couleur et l'arrangement. Elles diffèrent également par leurs habitudes, la mesure dans laquelle elles supportent l'eau salée, et leur capacité de transmettre le paludisme à l'homme.

Nous pouvons quelquefois comprendre exactement comment ces espèces presque identiques ont pris naissance. Le petit grimpereau brun d'Europe appartient en réalité à deux espèces distinctes. Celui de l'ouest, *Certhia familiaris*, a un bec plutôt plus court et un ongle de derrière plus long et moins recourbé ainsi qu'une coloration légèrement plus claire que celui de l'est, *C. brachydactyla*. Ils coexistent dans une large zone de l'Europe centrale mais ne semblent pas se croiser entre eux.

L'explication semble être la suivante. A la période glaciaire l'envahissement des glaces sépara en deux le territoire occupé par l'espèce originale de grimpereau. Deux groupes furent isolés, l'un au sud-ouest, l'autre au sud-est. De sorte que, lors du retrait des glaces, ils purent non seulement reprendre le terrain perdu mais même cohabiter tout en restant distincts.

Un fait plus frappant encore est que dans les séries de sous-espèces qui sont pourtant continues, celles qui occupent les extrémités de la série refusent de se croiser entre elles (voir figure 9). Le groupe comprend à la fois une et deux espèces, ou mieux, deux de ses sous-espèces se comportent comme des espèces distinctes lorsqu'elles se rencontrent.

Lorsque des groupes se retrouvent après avoir été séparés leur divergence peut n'être pas allée suffisamment loin pour qu'ils soient devenus distincts et ils se croiseront entre eux. Un exemple en est fourni par les corneilles de Grande-Bretagne. Au cours de la période glaciaire le groupe de l'est de l'Europe a évolué pour donner le plumage bigarré caractéristique gris et noir de la corneille mantelée, tandis que la corneille de la région du sud-ouest est restée noire.[1] Les deux formes se sont maintenant retrouvées, et au point de rencontre se trouve une étroite bande d'hybrides de tous les types possibles (figure 6). En Europe, la zone d'hybridation passe au sud des Alpes et remonte vers l'ouest de la Baltique.

HYBRIDATION ET DUPLICATION CHROMOSOMIQUE CHEZ LES VÉGÉTAUX

Chez les plantes les choses sont plus compliquées car des espèces indubitablement distinctes donnent assez fréquemment des hybrides fertiles. La luzerne à fleurs pourpres par exemple (*Medicago sativa*) introduite au XVIIe siècle en Europe comme fourrage, semble s'être croisée rapidement avec l'espèce indigène à fleurs jaunes, la luzerne en faux (*M. falcata*). L'hybride a d'étranges fleurs vert noirâtre et est très variable (sans doute par suite du regroupement mendélien), mais il constitue un groupe plus robuste et plus fécond que chacune des souches mères. Dans une région de France où l'on n'a pas maintenu artificiellement la luzerne, l'hybride seul a survécu. En Grande-Bretagne nous avons un hybride si distinct qu'on lui a donné le nom spécifique de *M. sylvestris*.

Les végétaux diffèrent des animaux sur un autre point qui est leur plus grande tendance à ce que l'on appelle la polyploïdie, la réduplication de toute la garniture chromosomique. Les chromosomes contiennent les gènes échelonnés sur toute leur longueur. L'ensemble de la constitution héréditaire est divisée en un certain nombre de chromosomes dont le nombre est normalement constant pour une espèce donnée. Chaque cellule de l'organisme contient deux groupes de chromosomes; avant la reproduction ceux-ci sont séparés de façon que chaque gamète (cellule reproductrice) qu'il soit un spermatozoïde (ou un grain de pollen) ou un ovule, en contienne un seul.

On désigne par n le nombre fondamental de chromosomes dans un seul groupe. Les cellules reproductrices en contiendront n, les cellules somatiques $2n$. Il arrive parfois au cours de la division cellulaire que les chromosomes se dédoublent mais que le corps de la cellule ne se divise pas.[2] Tous les descendants de cette cellule auront donc un nombre de chromosomes double du nombre normal, soit $4n$ et les tiges et fleurs produites seront *tétraploïdes*, ou quadruples au point de vue chromosomique. Des conditions extrêmes de milieu telles que le froid vif semblent favoriser la duplication. De telles fleurs croisées avec des fleurs normales donneront des descendants à $3n$ (triploïdes), qui seront stériles puisque leurs chromosomes ne peuvent être répartis de façon à donner deux groupes

[1] Un troisième groupe au sud-est de l'Asie est également resté noir.

[2] Il peut y avoir aussi formation d'un gamète contenant e nombre non réduit ($2n$) de chromosomes.

FIGURE 9 – *Divergence de sous-espèces jusqu'à ce que le croisement entre elles devienne impossible. En Asie centrale, la fauvette* Phylloscopus trochiloides *forme un anneau de cinq sous-espèces très voisines, chacune se confondant graduellement avec la suivante. Cependant, là où les deux sous-espèces terminales se sont rencontrées par la suite, elles coexistent sans se croiser entre elles (portion contre-hachurée).*
(*Extrait de* Systematics and the Origin of Species, *E. Mayr. Avec l'autorisation de la Columbia University Press.*)

complets dans les cellules reproductrices — il y aura deux chromosomes d'une espèce, un d'une autre, et le résultat est un déséquilibre incurable. Même à la suite de croisement avec un tétraploïde homologue, la fécondité sera quelque peu réduite puisqu'il y aura un certain nombre de cellules auxquelles la division aura attribué trois chromosomes d'une sorte tandis que d'autres n'en contiendront qu'un seul.

Mais beaucoup de plantes peuvent se reproduire par voie végétative — au moyen de gourmands, de bulbilles, par parthénogénèse, etc. — et les tétraploïdes peuvent survivre pendant quelques temps par ces moyens. Ils y réussiront probablement car dans des conditions difficiles ils sont plus robustes que le type normal diploïde ($2n$).[1] Et une fois qu'ils sont bien établis, la sélection peut adapter divers mécanismes de division cellulaire pour augmenter leur fécondité. Mais les triploïdes auront à dépendre entièrement de la reproduction végétative.

[1] La duplication chromosomique produit assez fréquemment une augmentation de taille de toute la plante ou de ses organes.

Une nouvelle duplication peut se produire par la suite, donnant des formes à $8n$, $16n$, $6n$, et $12n$, etc. Quels que soient les détails de leur origine, c'est un fait que de nombreuses plantes existent sous deux ou plusieurs formes qui diffèrent fondamentalement par leur « ploïdie ». L'anémone des Apennins par exemple a des souches possédant $2n$, $4n$, et $6n$, pratiquement impossibles à distinguer entre elles extérieurement mais qui sont incapables de donner par hybridation des descendants féconds ou entièrement féconds. Il y a donc un *isolement génétique* à l'intérieur d'une espèce. Mais ceci peut être exprimé en termes de géographie. Par exemple pour la crucifère *Biscutella laevigata*, le type original à $2n$ n'a pu survivre que dans quelques régions isolées. Le type à $4n$, qui a peut-être été produit à l'origine par suite du froid, était aussi plus résistant et plus robuste généralement, il couvre maintenant une vaste surface continue traversant l'Europe et allant beaucoup plus au nord que le type à $2n$. Les observations faites font parfois penser que les formes primitives $2n$ ont été incapables de rivaliser avec les formes à $4n$, et se sont éteintes.

Nous avons là un procédé nouveau de différenciation. Chez les animaux l'isolement génétique peut exister dans une certaine mesure par suite d'un regroupement interne de fragments de chromosomes, et s'il vient s'y ajouter l'isolement géographique il peut conduire à la séparation de groupes réciproquement stériles, ou espèces vraies, qui tendront à se ressembler étroitement entre eux.

FORMATION DES ESPÈCES PAR CONVERGENCE

Le fait le plus surprenant de l'évolution des végétaux est que de nouvelles espèces peuvent être formées brusquement par croisement de deux autres suivi de duplication chromosomique. On peut appeler ceci formation d'espèces par convergence, par opposition avec la divergence habituelle ou la séparation d'une espèce en deux ou davantage.

Un exemple classique est celui de *Primula kewensis*, ainsi appelée parce qu'elle a pris naissance, à Kew, par hybridation spontanée entre deux espèces bien connues, *P. verticillata* et *P. floribunda*. Elle était stérile au début, mais, après avoir été cultivée plusieurs années par bouturage, une pousse fertile fit son apparition. L'examen montra qu'elle possédait 36 chromosomes au lieu des 18 du reste de la plante et de ses deux ancêtres. Avant duplication l'hybride avait un groupe de chromosomes provenant de chaque parent. Et ils étaient

si différents qu'ils ne pouvaient pas fonctionner ensemble correctement. Mais après duplication elle possédait deux groupes doubles, et dès lors, la reproduction sexuée avec groupement normal des chromosomes par paire et le développement normal pouvaient se produire. (Voir aussi figure 5.) Un tétraploïde formé de cette façon est appelé allotétraploïde, par opposition avec les autotétraploïdes étudiés précédemment.

Primula kewensis doit probablement à l'homme d'avoir survécu. Mais *Spartina townsendii* illustre ce qui peut arriver dans la nature (figure 7). *Spartina stricta* est une graminée européenne des marais salants. *S. alterniflora* est une espèce américaine dont les graines furent transportées accidentellement avec des marchandises. Il semble qu'elles se soient croisées ($n = 28$) $\times$ ($n = 35$); mais l'hybride formé ($2n = 63$) a dû être stérile jusqu'au moment où il a doublé le nombre de ses chromosomes pour en donner 126. Cette nouvelle espèce tétraploïde est plus robuste que ses parents et peut coloniser les plages de vase sur lesquelles aucun d'eux ne poussait.

Le marronier rose a été formé de la même façon par croisement entre le marronier européen à fleurs blanches et le marronier américain à fleurs rouges.

L'autopolyploïdie et l'allopolyploïdie, seules ou en combinaison, ont joué sans aucun doute un rôle important dans l'évolution des plantes sauvages aussi bien que des plantes cultivées.

Il faut également mentionner quelques groupes tels que les ronces et les saules, dans lesquels la reproduction sexuée, la reproduction asexuée, l'hybridation, et les deux sortes de polyploïdie sont combinées de telle sorte qu'il se produit un réseau de formes qui s'enchevêtrent avec des lignées convergentes et divergentes de descendants. Les résultats défient toute tentative de classification ordinaire, aussi la conception d'espèce disparaît-elle dans l'ensemble des réseaux de ce genre.

Le seul animal chez lequel se produise une évolution voisine de celle-ci est l'homme. Si l'homme avait été semblable aux autres mammifères nous pouvons être certains que ses « races » principales auraient suivi des voies tout à fait divergentes. Mais sa turbulence et ses particularités psychologiques ont remplacé la divergence initiale par une augmentation progressive du taux de migration et de croisement.

On connaît entre un et deux millions d'espèces animales et végétales. Comme nous l'avons vu elles diffèrent par leur mode de formation, leur taille, leur structure et leur variabilité, leur faculté de s'adapter à des conditions nouvelles de milieu sous peine d'extinction. Elles donnent sa variété à la terre. Il continue à se produire de nouvelles espèces et de nouvelles adaptations qui contribuent encore à créer des variations légères. Mais se crée-t-il encore des variétés plus importantes? Y a-t-il encore des modifications à long terme capables de produire des types d'organismes entièrement nouveaux, aussi nouveaux que le cheval ou le chat par rapport aux premiers mammifères; que le mammifère à sang chaud par rapport au reptile dont il descend; que les animaux terrestres par rapport aux poissons; que les plantes à fleurs par rapport aux cryptogames?

Personne ne peut répondre à cette question avec certitude. Mais il semble probable que les tendances principales de la vie soient arrivées au bout de leur course. Une des règles de l'évolution veut que les tendances principales deviennent dominantes en se divisant en lignées de plus en plus spécialisées et que chaque spécialisation finisse par arriver à un cul-de-sac. La sélection ne peut la pousser plus loin sur cette voie, elle peut simplement produire des modifications peu importantes d'un type en produisant de nouvelles espèces ou de nouveaux genres. Et lorsqu'un nouveau type dominant prend naissance, il le fait à partir d'un membre non spécialisé du groupe qui était dominant avant lui.

L'espèce humaine constitue l'unique exception. L'homme est maintenant le type d'organisme dominant. Il a conservé une structure non spécialisée. Il n'a pas rayonné en lignées entièrement distinctes. Ses nouvelles facultés de pensée consciente et de détermination auxquelles il doit sa domination biologique lui donnent la possibilité d'établir une source commune de conscience. Ses spécialisations sont acquises et non pas biologiquement héréditaires. S'il le voulait il pourrait contrôler, non pas seulement son milieu naturel et social, mais aussi son évolution biologique.

L'étude des espèces fournit une partie des connaissances essentielles qu'il doit accumuler. Les progrès faits au cours des quelques dizaines d'années qui viennent de s'écouler, en génétique, en cytologie, et dans d'autres branches de la biologie, ont rendu possible une façon de voir nouvelle et synthétique. Les travaux patients des systématiciens commencent à porter leurs fruits et à être appliqués dans le domaine de l'observation et de l'expérimentation. Dans un temps assez court un nouveau Darwin possèdera les matériaux qui lui permettront d'écrire un nouveau chef-d'œuvre sur ce sujet; mais son titre devra être, non plus l'*Origine*, mais *Les Origines des Espèces*.

William Curtis, fondateur du *Botanical Magazine*

J. W. HUNKIN

Les journaux scientifiques constituent l'une des principales voies d'échange de renseignements et d'idées. Il semble opportun de nous remémorer en cette année qui marque le deux-centième anniversaire de sa naissance, les travaux de William Curtis, fondateur du *Botanical Magazine*. Cette publication est l'une des plus anciennes revues traitant de botanique et sa parution n'a jamais été interrompue depuis 1787; elle est considérée dans son domaine comme étant l'une des revues de tout premier ordre du monde entier.

William Curtis, fondateur du *Botanical Magazine*, naquit à Alton, dans le Comté du Hampshire, le 11 janvier 1746. Son père était tanneur et membre de la Société des Amis. A l'âge de quatorze ans William fut placé comme élève chez son grand-père, John Curtis, le chirurgien-apothicaire d'Alton. Un garçon d'écurie de l'auberge voisine qui possédait une connaissance approfondie des fleurs sauvages et des insectes de la région, encouragea le jeune homme dans son penchant pour l'histoire naturelle. A vingt ans William fut envoyé à Londres comme aide chez un apothicaire et pour faire ses études à l'hôpital Saint-Thomas.

A la mort de son employeur il prit sa succession et une carte commerciale mentionne que «William Curtis, apothicaire, 57 Gracechurch Street, vend toutes sortes de drogues et médicaments chimiques». Il y a quelques années le Conseil Municipal de la Cité de Londres fit placer une plaque commémorative sur le mur du grand immeuble qui s'élève maintenant à cet endroit.

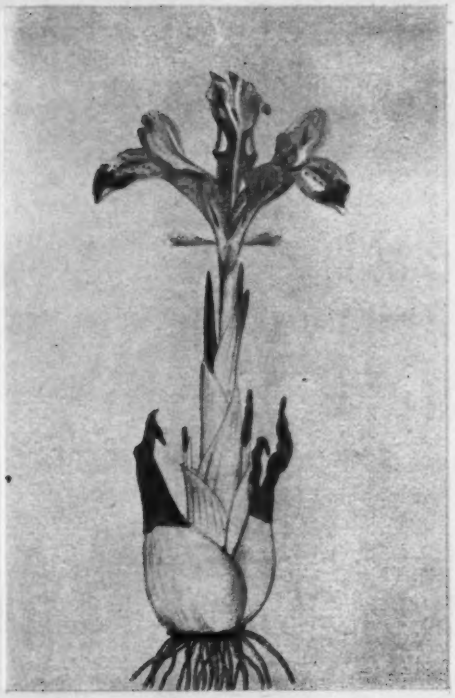
En 1770, Curtis prit un associé auquel, peu de temps après, il vendit le fonds. Au cours de l'année suivante Curtis, avec l'aide de deux hommes d'affaires londonniens, créait à Grange Road, dans le quartier de Bermondsey, un jardin d'environ un demi-hectare, pour la culture et l'étude des plantes de Grande-Bretagne.

C'est en cette même année 1771 que parut la première publication de Curtis, une brochure de 44 pages et une planche, intitulée *Instructions for collecting and preserving insects: particularly Moths and Butterflies* (Conseils pour collectionner et conserver les insectes, en particulier les Phalènes et les Papillons).

En 1772, Curtis fut nommé préparateur à la Society of Apothecaries, à Chelsea. Il devait montrer aux jeunes élèves les plantes médicinales cultivées dans le jardin de l'Association et les mener en excursions botaniques dans la région.

C'est en Mai 1775 que parut le premier numéro de la *Flora Londinensis*, « un ouvrage botanique nouveau et original devant englober toutes les plantes qui croissent à l'état sauvage en Grande-Bretagne, commençant tout d'abord par celles que l'on trouve aux environs de Londres». Mais, en partie à cause du manque de moyens financiers et en partie à cause de nombreuses autres occupations, les numéros (qui coûtaient cinq shillings en couleurs et deux shillings et demi en noir) parurent avec une irrégularité exaspérante pour les souscripteurs. Sur les soixante-douze numéros de la collection on n'en trouve que deux contenant des descriptions de plantes provenant de localités situées à plus de seize kilomètres de Londres. La collection fut reliée par la suite en deux énormes volumes et la publication abandonnée en 1798.

Curtis donna sa démission de préparateur en 1777 et publia la même année une édition à l'usage des étudiants du *System of Botany* de Linnée. Deux ans plus tard, le 1er janvier 1779, il ouvrait un « Jardin Botanique de Londres», à Lambeth Marsh. Les abonnés à une guinée par an pouvaient s'y promener tous les jours et amener un invité. Les souscripteurs à deux guinées pouvaient introduire plus d'un invité, soit personnellement, soit avec une invitation, et recevaient une part des plantes ou des graines disponibles après que les besoins du Jardin avaient été complétés. Un catalogue des plantes, comprenant environ 6000 variétés, fut publié en 1783. Il était divisé en cinq sections: les plantes médicinales, les plantes culinaires, les plantes vénéneuses communes, les plantes agricoles et les plantes de Grande-Bretagne. On y trouvait également une liste des personnes qui avaient fait don à Curtis de plantes pour monter ce jardin.



Iris persica (*t.*1).

Erica ciliaris (*t.*484).

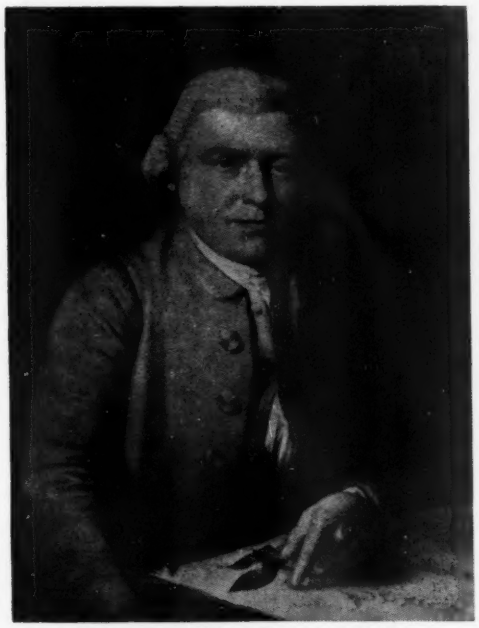
Camellia japonica (*t.*42).

Jasminum officinale (*t.*31).

(*Illustrations extraites des premiers volumes du* Botanical Magazine.)

On se rendra compte de l'utilité d'un jardin de ce genre lorsque l'on saura qu'à cette époque des jardins tels que le Physic Garden d'Oxford, étaient « négligés et désertés » — selon une lettre écrite le 21 mai 1778.

En 1782, l'apparition d'une multitude de liparis alarma la population. « Des souscriptions furent ouvertes dans plusieurs paroisses de Londres et les pauvres étaient employés à couper et à récolter les cocons à raison de un shilling par boisseau, puis ceux-ci étaient brûlés sous la surveillance des marguilliers ou des bedeaux de la paroisse. . . . On disait que ces insectes étaient précurseurs de la peste; on fit même des prières spéciales dans quelques églises pour obtenir la délivrance de cette calamité ».[1] Curtis publia alors une monographie sur cet insecte, au prix de un shilling et six pence, afin de démontrer combien ces craintes étaient peu fondées.



Portrait de William Curtis par Wright.
(Reproduit avec l'autorisation de la Royal Horticultural Society.)

Cinq ans plus tard, en 1787, Curtis commença la publication de ce qui fut son œuvre la plus importante, le *Botanical Magazine*, souvent désigné maintenant sous le nom de *Curtis's Botanical Magazine*. Le premier numéro parut le 1er Février avec le frontispice reproduit à la page suivante.

Dans sa préface, Curtis expose un principe qui a toujours été fidèlement respecté dans le *Magazine* depuis ce temps:

« En commençant cette publication, il n'avait aucune intention d'empiéter sur le domaine du Fleuriste en donnant des reproductions de fleurs doubles ou de variétés améliorées, quelquefois dues à la culture, mais plus souvent aux anomalies de la nature; mais les demandes réitérées de plusieurs abonnés l'avaient conduit à s'écarter un peu de l'idée originale et à leur promettre au moins une des Fleurs les plus goûtées des Fleuristes ».

Curtis disait que la *Flora* lui avait valu des compliments mais que le *Botanical Magazine* lui gagnait son pain — et, éventuellement aussi des louanges plus nombreuses encore. Le *Magazine* qui fût florissant durant sa vie a continué à prospérer jusqu'à l'époque actuelle; le dernier volume, publié en 1944, est le Vol. 164 et la dernière planche illustrée numérotée porte le numéro t.9666. La revue parut d'abord sous forme de numéros mensuels contenant chacun trois planches et des descriptions de plantes, au prix de un shilling. C'était le premier périodique botanique illustré et son succès fut immédiat. La vente atteignait environ 2000 exemplaires par mois et elle s'éleva bientôt à 3000.

Une courte lettre, datée du 31 décembre 1789, et écrite par le Dr Goodenough, l'un des fondateurs de la Linnean Society, et qui devint par la suite évêque de Carlisle, montre le succès que rencontra aussitôt le *Magazine:*

« Cher C.U.R.,

La Duchesse de Portland vous prie de lui envoyer aussitôt que vous aurez cette lettre en main, le numéro treize du *Botanical Magazine* et, par la suite, tous les autres numéros au fur et à mesure de leur parution, et le jour même de leur publication. Vous voudrez bien les déposer à Burlington House, Piccadilly. Sa Grâce devient très amateur de botanique. »

Quatorze volumes furent publiés au cours de la première période de l'histoire du *Magazine*, qui va jusqu'en 1799, date de la mort de son fondateur. Ils contiennent 504 planches dessinées par Sydenham Edwards. Celui-ci continua à illustrer le *Magazine* après la mort de Curtis, puis se retira en 1815. Il avait fait à cette époque près de 1770 dessins. Le coloriste employé par Curtis était William Graves et son interprétation des délicates variations de teintes est souvent ravissante. Beaucoup de ses couleurs ont bien résisté à l'épreuve du temps, mais quelques blancs et des rouges sombres sont fanés. Les plantes illustrées et décrites sont le plus souvent des plantes vivaces européennes ou nord-américaines, ainsi que

[1] Dr R. J. Thornton, *Sketch of the Life and Writings of W. Curtis*, pp. 4, 5.

THE
BOTANICAL MAGAZINE;
OR,
Flower-Garden Displayed:
IN WHICH
The most ornamental FOREIGN PLANTS, cultivated in the Open Ground, the Green-House, and the Stove, will be accurately represented in their natural Colours.
TO WHICH WILL BE ADDED,
Their Names, Class, Order, Generic and Specific Characters, according to the celebrated LINNÆUS; their Places of Growth, and Times of Flowering:
TOGETHER WITH
THE MOST APPROVED METHODS OF CULTURE.
A WORK
Intended for the Use of
Such LADIES, GENTLEMEN, and GARDENERS, as wish to become scientifically acquainted with the Plants they cultivate.

LONDON:
Printed by FRY and COUCHMAN, Upper-Moorfields,
For W. CURTIS, at his BOTANIC GARDEN, Lambeth-Marsh;
And sold by all Bookfellers, Stationers, and News-Carriers, in Town and Country.
M DCC LXXXVII.

TO
MRS. MONTAGU BURGOYNE;
NOT LESS ESTEEMED
FOR HER
SOCIAL AND DOMESTIC VIRTUES,
THAN ADMIRED FOR THE
ACCURACY WITH WHICH SHE DRAWS,
AND THE
DELICACY WITH WHICH SHE PAINTS
THE
BEAUTIES OF FLORA,
THIS ATTEMPT TO UNITE
SYSTEMATIC KNOWLEDGE
WITH THE PLEASURES OF THE
FLOWER-GARDEN,
IS WITH THE
SINCEREST RESPECT
INSCRIBED BY
WILLIAM CURTIS.

Frontispice et dédicace du Botanical Magazine, *Vol.* I, 1787.

quelques spécimens sud-africains comme l'*Erica*, le *Pelargonium*, le *Mesembryanthemum* et le *Gladiolus*. Il est bon de rappeler qu'en 1772 William Masson avait été envoyé de Kew au Cap d'où il avait rapporté un grand nombre de plantes.

La première planche est une très jolie reproduction de l'*Iris persica*. La description en est courte et l'on y trouve ces phrases: « Sa beauté, son apparence hâtive et ses fleurs odorantes en font une favorite de tous les amateurs de fleurs; comme la jacinthe et le narcisse elle poussera à l'intérieur, dans un vase, mais sera plus vigoureuse en pots avec du sable ou de l'argile sablonneuse; quelques fleurs suffisent pour embaumer un appartement; cette plante peut aussi fleurir en plein air mais demande de la chaleur et une position abritée ». Curtis soigne son style et ses phrases méticuleuses et arrondies sont certainement plaisantes. Il écrit au sujet de la *Coronilla glauca* (t.13) « ce charmant arbuste, presque toujours fleuri, convient parfaitement pour des bouquets; il est originaire du sud de la France et fait en tous temps l'ornement de nos serres ». « Il y a dans le jasmin une élégance qui, jointe à son parfum, en fait un objet d'admiration universelle » dit-il en parlant du *Jasminum officinale* (t.31). « Les fleurs (du *Camellia japonica* (t.42)) ont une texture ferme mais tombent souvent longtemps avant d'avoir perdu leur éclat; pour cette raison quelques personnes collent ces fleurs caduques sur de nouveaux boutons où elles font encore bon effet pendant longtemps ». Le *Colutea Arborescens* (t.81) « donne une profusion de fleurs de juin à août et, à ce moment, ses gousses gonflés plaisent par leur aspect original ».

Le Volume V (1791) comporte une image du

Sophora tetraptera, découvert en Nouvelle-Zélande par Sir Joseph Banks, et planté dans le Jardin des Apothicaires de Chelsea vers 1774, par Mr Forsyth. Cette plante « s'étend maintenant sur une vaste surface d'un mur exposé à l'ouest et qui est couvert de grandes branches pendantes à fleurs jaunes (d'une somptuosité remarquable) ».

On peut citer parmi d'autres sujets particulièrement intéressants parus dans cette première série, le *Pelargonium tricolor* (t.240) décrit ici pour la première fois (Vol. VIII, 1794); le *Metrosideros citrina* (t.260, *Callistemon lanceolatus*), précurseur d'une nombreuse série d'arbustes australiens très décoratifs qui, d'après Curtis, serait le premier qui ait fleuri en Angleterre; le *Rosa semperflorens* (t.284), qu'il considérait comme l'une des plantes ornementales les plus attrayantes qui aient été acclimatées en Angleterre, et qui était en réalité une variété de *Rindica*. Ces deux plantes figurent dans le Vol. VIII, 1794; le *Cineraria cruenta* (t.406), originaire des îles Canaries et ancêtre d'une grande variété de cinéraires des horticulteurs (Vol. XII, 1798). Une planche particulièrement belle représente l'*Erica ciliaris* (t.484) provenant d'Espagne ou du Portugal (Vol. XV, 1800).

En 1788 fut fondée la « Linnean Society » avec le Dr Goodenough comme trésorier. La signature de Curtis est la troisième dans la liste des membres. Au cours de l'année suivante Curtis transporta ses plantes dans un nouveau Jardin Botanique, à Brompton. Il avait été très gêné à Lambeth Marsh, dit-il, par les fumées de Londres, le manque de lumière du site et le mauvais état des routes qui y conduisaient, ainsi que « par les odeurs, insupportables à certains moments, s'exhalant des fossés qui l'entouraient ». Le nouveau jardin s'étendait sur une surface d'environ un hectare et demi et comprenait des serres et une bibliothèque. Un catalogue du « Brompton Botanical Garden » fut publié par souscription en 1792–93. Le jardin était soigneusement dessiné et divisé en sections: plantes herbacées, médicinales, agricoles; plantes herbacées étrangères et des îles britanniques, et ainsi de suite. Autour de celles-ci on trouvait « tous les arbres et arbustes étrangers susceptibles de s'adapter à notre climat et qui décorent, ombragent et abritent admirablement le tout ».

Dans une brochure publiée en 1792, Curtis expose des projets d'excursions botaniques d'herborisation dans les prés de Battersea pendant les mois d'été. Le prix de cette série de leçons était de deux guinées. Le Dr Thornton qui alla herboriser avec eux dit en parlant de Curtis: «Son œil était un véritable microscope . . . lorsqu'il herborisait avec un groupe nombreux, sa vue perçante découvrait toujours vingt fois plus de plantes différentes que n'en trouvaient tous les autres réunis ».

En 1799 Curtis publia une brochure sur la culture du crambé pour l'alimentation. Dans son désir de généraliser la culture de cette plante il vendait une boîte de graines avec chaque brochure. C'est son ami, le Dr Lettsom qui l'avait signalé à son attention après l'avoir vu consommer par des pêcheurs, près de Southampton.

Le Dr Thornton et le Dr Goodenough ont tous deux laissé des descriptions de leur ami. Il était petit, trapu, avait le teint coloré et débordait de bonne humeur. Il disait de lui-même: « Je n'ai aucune prétention à passer pour un homme cultivé ou doué de facultés extraordinaires; je me connais et je connais mes défauts. La conscience de mes infériorités me donne un manque d'assurance et produit en moi une timidité que quelques-uns ont pris pour de la fierté ».

Le 7 juillet 1799, Curtis mourut subitement d'une défaillance cardiaque et fut enterré dans le vieux cimetière de Battersea, en face de l'entrée ouest. On inscrivit sur sa tombe:

« Ici reposent les restes de Mr William Curtis, auteur de la *Flora Londinensis*, du *Botanical Magazine*, et d'autres œuvres de grand valeur pour son pays et lui faisant grand honneur.

Il mourut le 7 juillet 1799, à l'âge de 53 ans.
Tant que des herbes vivaces naîtront, abondantes et sauvages,
Ou qu'un jardin abritera tendrement ce qui est embaumé et brillant,
Tes travaux seront glorifiés, cher Enfant de la Nature,
Et ton souvenir ne périra pas ».

L'inscription est maintenant complètement effacée, mais on espère la restaurer avant le service commémoratif qui doit avoir lieu à l'église paroissiale de Battersea le dimanche 13 janvier.

La plus récente biographie de William Curtis fut publiée en 1941 par Mr W. Hugh Curtis, Conservateur du Musée Curtis, à Alton. Mr Hugh Curtis a pu se servir d'un certain nombre de lettres encore inédites et son travail très complet restera longtemps la biographie classique. Je m'en suis largement inspiré pour rédiger ce court exposé.

L'éclairage électrique par luminescence

C. C. PATERSON

Le type habituel de lampe électrique à filament présente diverses imperfections et ne paraît guère susceptible d'amélioration sensible. C'est pourquoi l'intérêt se porte aujourd'hui sur la méthode moderne d'éclairage par luminescence appelée, semble-t-il, à révolutionner ce domaine plus encore que ne l'a fait l'introduction de la lampe à filament métallique il y a quelque trente ans. Le Docteur Paterson décrit et explique ici quelques-uns des principaux phénomènes mis en jeu.

INTRODUCTION

Le principal progrès technique réalisé dans l'éclairage électrique au cours des dernières vingt-cinq années a une double cause. La première est le fait que dans les décharges électriques effectuées à travers certaines vapeurs une partie relativement importante de l'énergie rayonne dans les régions visibles ou ultra-violette du spectre. D'autre part, certains corps luminescents ont la propriété de devenir extrêmement fluorescents au contact d'une décharge.

Le rendement lumineux des lampes à rayonnement thermique a probablement atteint une limite pratique dans la lampe à filament de tungstène en atmosphère gazeuse, on ne peut plus espérer que des améliorations insignifiantes dans ce genre d'appareils. Il est utile d'examiner les facteurs qui ont fait croire à la possibilité de produire d'autres types de lampes au moins aussi efficaces.

Ces facteurs sont mis en évidence dans le diagramme de la figure 1 montrant la distribution de l'énergie spectrale provenant du rayonnement d'un filament de tungstène incandescent et celle d'une décharge électrique dans la vapeur de mercure à basse pression. On verra que le rayonnement du filament de tungstène est continu et que l'émission maximum se produit dans la région infra-rouge ou chaude du spectre; la radiation ultra-violette est très faible. La proportion d'énergie émise dans la région visible dépend de la température du filament, mais, aux températures qui lui accordent une durée raisonnable, environ 10% seulement de l'énergie absorbée se traduisent en lumière, ce qui correspond à un rendement lumineux d'à peu près 15 à 20 lumens par watt.

La courbe d'énergie spectrale de la décharge dans la vapeur de mercure montre que le rayonnement n'est plus continu mais apparaît en raies étroites dans le spectre; une proportion élevée (environ 50%) de l'énergie est émise dans l'ultra-violet invisible à une longueur d'onde de 2537A. Malgré l'absence de radiation infra-rouge invisible, la décharge dans le mercure révèle un rendement en lumens par watt encore plus pauvre que celui de la lampe à filament. Mais le facteur important est que l'énergie ultra-violette de la décharge dans le mercure peut être convertie en rayonnement visible au moyen de corps luminescents, créant ainsi des sources de lumière blanche d'un rendement qui atteint jusqu'à 60 lumens par watt.

CORPS LUMINESCENTS

Les corps luminescents comprennent les substances fluorescentes et phosphorescentes, ces dernières étant caractérisées par leur faculté de rester lumineuses un certain temps après la fin de l'excitation. Ces corps luminescents peuvent être considérés comme des transformateurs de la fréquence des ondes électro-magnétiques, mais à sens unique, transformant les ondes courtes en ondes plus longues. On ne rencontre malheureusement pas de conditions ni de substances similaires permettant la conversion des ondes longues de la chaleur infra-rouge en ondes courtes à rayonnement visible. C'est pour cette raison que les corps luminescents ne peuvent servir à améliorer le rendement des lampes au tungstène.

De nombreuses substances possèdent un certain degré de luminescence. Les huiles minérales, quelques substances organiques comme l'anthracène et la quinine, et certains colorants sont très fluorescents; certains minéraux, comme la willémite ou orthosilicate de zinc, et la fluorine ou fluorure de calcium, manifestent également une forte luminescence. Les figures 2 et 4 sont des reproductions photographiques en couleurs naturelles de ces substances excitées par une radiation de longueur d'onde 3650A.

En dehors de leur utilisation avec les lampes à

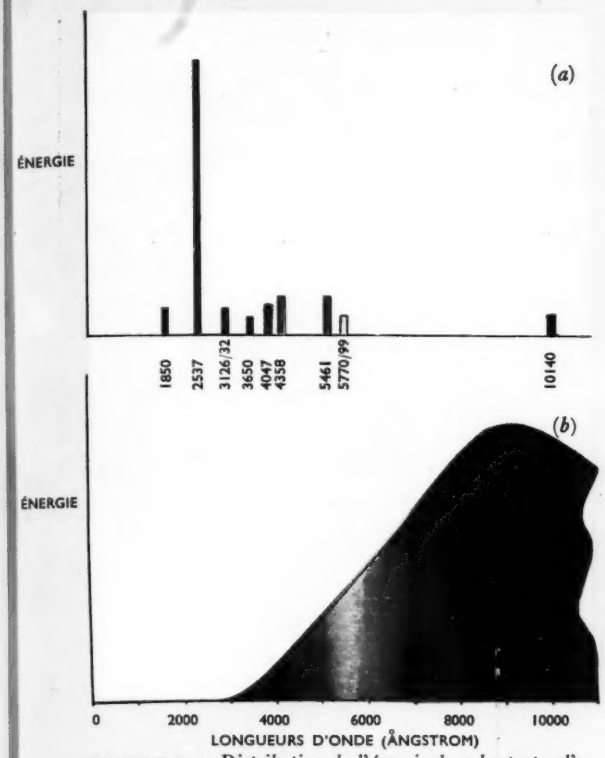


FIGURE 1 – *Distribution de l'énergie dans le spectre d'une radiation émise par une décharge électrique, et celle d'un filament de tungstène incandescent. (a) Décharge dans la vapeur de mercure. (b) Filament de tungstène.*

FIGURE 2 – *Coulées luminescentes produites en projetant une poudre de teintures fluorescentes (fluorescéine et rhodamine) dans de l'eau soumise à une radiation de 3650A.*

verre noir pour obtenir certains effets spectaculaires, ces substances ne conviennent pas à l'éclairage artificiel. Les produits minéraux luminescents naturels sont trop rares, et en tout cas trop peu efficaces, pour avoir une valeur pratique. Les sels luminescents utilisés dans les lampes à décharge sont, par suite, produits synthétiquement au laboratoire soit par des méthodes traditionnelles de précipitation ou par l'union directe à haute température des constituants secs acides et basiques. Chacune de ces méthodes exige une extrême pureté et la matière est traitée dans des fours spéciaux à des températures atteignant jusqu'à 1.200° C pour produire la structure cristalline indispensable. Avant la chauffe, la matière est soumise à l'action d'une petite quantité d'un activateur métallique — souvent le manganèse. On obtient une série de couleurs fluorescentes en utilisant différents sels du même métal ou matrices, et parfois divers activateurs. Le tableau I donne une liste de quelques-uns des composés luminescents les plus importants. La figure 5 montre une reproduction en couleur de certaines de ces substances excitées par des rayons ultraviolets.

TABLEAU I

LISTE DES PRINCIPALES POUDRES LUMINESCENTES

Matrice	*Activateur*	*Couleur de la Fluorescence*	*Longueur d'onde d'excitation*
ZnS	Ag	Bleu	3650A
ZnS	Cu	Vert	3650A
(Zn,Cd)S ..	Cu	Jaune-rouge	3650A
Zn_2SiO_4 ..	Mn	Vert	2537A
$(Zn,BE)_2SiO_4$	Mn	Jaune-rouge	2537A
CdB_2O_4 ..	Mn	Rouge	2537A
$MgWO_4$ ..	Auto-activée	Bleu	2537A

FIGURE 3 – *Soie artificielle teinte au moyen de diverses teintures fluorescentes et rendue luminescente par excitation par une radiation de 3650A. Sous forme de poudre, ces teintures ne sont pas luminescentes, mais elles le deviennent une fois dispersées dans un solvant ou un tissu convenable.*

FIGURE 4 – *Minéraux fluorescents sous la radiation de 3650A. La luminescence dans les corps naturels n'est généralement pas très développée. Ces minéraux sont exceptionnels en ce qu'ils présentent une luminescence marquée.*

FIGURE 7 – *Tableau peint avec des sulfures luminescents et vu en lumière normale. L'apparence terne est due à l'absence de couleur naturelle dans les pigments luminescents.*

FIGURE 5 – *Poudres luminescentes synthétiques excitées par une radiation ultra-violette de grande longueur d'onde; ce sont surtout des sulfures de zinc et de zinc-cadmium activés par l'argent et le cuivre.*

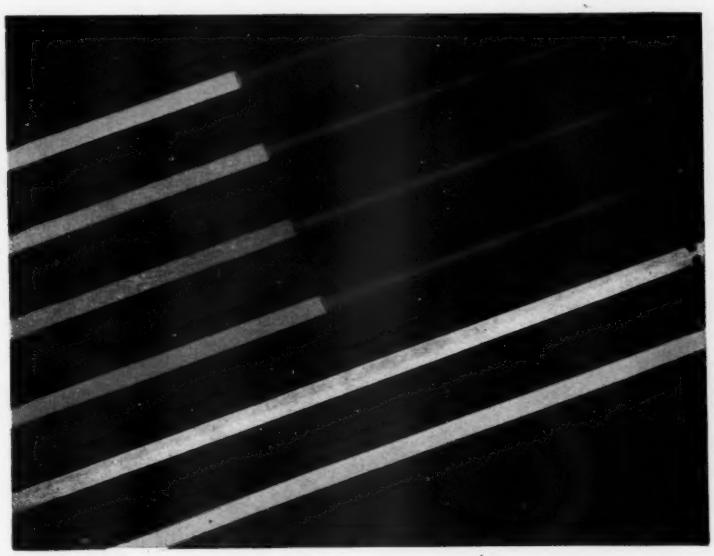


FIGURE 6 – *Lampes enduites de poudres fluorescentes diverses. Certains tubes ont été laissés sans enduit sur la moitié de leur longueur, afin de montrer la véritable couleur de la décharge. Les deux lampes du bas ont été enduites de mélanges de poudres qui donnent des effets de lumière du jour et de lumière blanche chaude.*

FIGURE 8 – *Le même tableau soumis à une radiation ultra-violette de grande longueur d'onde.*

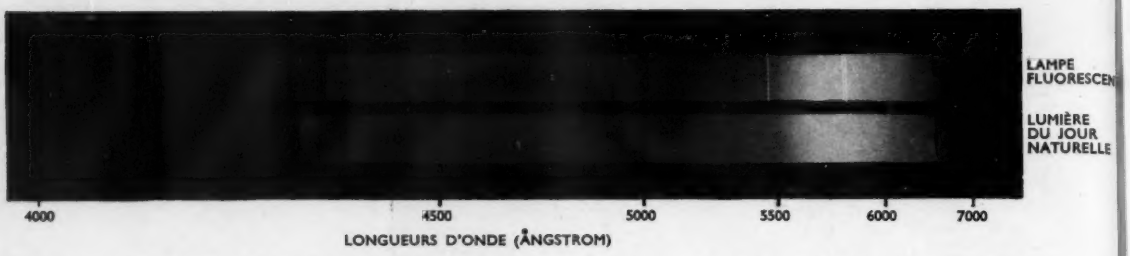


FIGURE 9 – *Spectre d'une lampe fluorescente « lumière du jour » comparé à celui de la lumière du jour naturelle. Les raies du mercure superposées sur le fond continu sont visibles dans le premier spectre. On peut également voir les raies d'absorption de Fraunhofer dans le spectre solaire.*

EFFETS LUMINESCENTS À L'AIDE DE LAMPES DE VERRE NOIR

En dehors de leur emploi dans les lampes à décharge, certaines poudres luminescentes ont été utilisées pour créer des effets spectaculaires d'éclairage et d'étalage avec le concours de lampes de verre noir. La figure 8 montre un tableau peint avec des sulfures phosphorescents et examiné à la lumière d'une lampe de verre noir, cependant que la figure 7 présente le même tableau à la lumière blanche ordinaire.

Il est intéressant de noter qu'avec des couleurs et des colorants normaux, on obtient des mélanges de lumière par soustraction. C'est ainsi que la couleur jaune est jaune parce qu'elle absorbe le bleu et, comme chacun sait, un mélange de bleu et de jaune donne du vert. Par contre, en mélangeant des couleurs luminescentes, l'artiste a affaire à un mélange additif de lumière; les matières luminescentes bleue et jaune mélangées ne donnent pas du vert mais du blanc. Il faut donc que l'artiste procède à ses mélanges luminescents et les emploie sous un rayonnement ultra-violet à l'exclusion aussi complète que possible de lumière visible.

On a souvent suggéré l'emploi, comme source d'éclairage, de grandes surfaces telles que des murs et des plafonds tapissés de matière luminescente irradiée par les lampes de verre noir. Cette forme d'illumination offre d'intéressantes possibilités dans un but décoratif mais elle a peu de chances d'être utilisée pour l'éclairage généralisé à cause de son coût élevé et de son faible rendement lumineux qui n'atteint qu'un lumen ou deux par watt.

L'ENDUIT LUMINESCENT

Dans les lampes fluorescentes usuelles, la matière luminescente, habituellement en suspension dans un liant organique adéquat, est appliquée sous forme d'un mince enduit uniforme sur la surface interne de l'enveloppe tubulaire. Le liant est enlevé par la chaleur pendant la préparation de la lampe ce qui laisse le dépôt de poudre exposé à l'action directe de la radiation ultra-violette émise par la décharge. Par suite de la nécessité de maintenir la vapeur de mercure sous faible pression pour assurer la production maximum de rayons ultra-violets, les lampes fluorescentes tubulaires doivent fonctionner à des températures à peine au-dessus de la température ambiante habituelle, et, pour cette raison, sont généralement grandes par rapport à leur consommation.

La figure 6 représente des lampes fluorescentes longues d'1 mètre 50 et d'un diamètre de 38 mm, chacune de 80 watts. Certaines d'entre elles ont été enduites de diverses poudres luminescentes sur la moitié de leur longueur seulement, l'autre moitié permettant d'observer la décharge dans le mercure. On se rendra compte que l'enduit fluorescent est si brillant que la lumière de la vapeur de mercure elle-même est presque entièrement masquée par l'éclat luminescent qu'elle provoque.

Pour obtenir de la lumière blanche dont la décomposition donne un spectre ressemblant à celui du soleil, on se sert ordinairement d'enduits obtenus en mélangeant des poudres distinctes. Deux de ces lampes blanches sont représentées au bas de la figure 6. Il est intéressant de signaler que des travaux récents effectués en Grande-Bretagne ont permis d'obtenir des composés luminescents fournissant par eux-mêmes des couleurs blanches satisfaisantes. La similitude entre le spectre d'une lampe « lumière du jour » et celui de la lumière solaire se voit dans la figure 9. Les raies observées dans le premier spectre correspondent

à environ 10% seulement du rayonnement visible total, et la couleur de la lumière obtenue n'est pas altérée de façon appréciable.

RENDEMENT QUANTIQUE DES SUBSTANCES LUMINESCENTES

En vue de progrès possibles, il importe de calculer le pourcentage du rendement maximum théorique que l'on peut obtenir à l'aide des poudres luminescentes actuelles. On dit qu'une substance luminescente a un rendement de 100% quand elle émet un quantum de rayonnement pour chaque quantum absorbé; mais on doit se rappeler que, comme l'énergie de rayonnement est inversement proportionnelle à la longueur d'onde, une perte d'énergie a lieu inévitablement lorsque la lumière ultra-violette est transformée en lumière blanche. Cette perte atteint près de 50% pour une radiation ultra-violette de 2537A de longueur d'onde.

Le rendement quantique d'une poudre dépend de la méthode de préparation et des précautions prises du point de vue de sa pureté et des facteurs correspondants. Il est évident, notamment, qu'une poudre luminescente fortement colorée naturellement aura un rendement quantique moindre qu'une poudre similaire non colorée. Le rendement quantique peut être déterminé à partir des chiffres obtenus pour le rendement lumineux de lampes fluorescentes dont on connaît la répartition d'énergie dans le spectre, et qui émettent une quantité connue d'énergie ultra-violette; des taux atteignant de 85 à 90% sont courants. Par conséquent, on peut difficilement s'attendre à des progrès considérables dans le rendement des lampes fluorescentes par des améliorations du rendement quantique des poudres.

VARIATION DU RENDEMENT LUMINEUX DES LAMPES FLUORESCENTES

Les remarques qui précèdent portent sur les poudres dans leur état initial avant que la lampe n'ait fonctionné pendant un temps appréciable, et l'on ne doit pas en conclure qu'il n'est pas possible améliorer la poudre. Une des caractéristiques les moins favorables des lampes fluorescentes à mercure est la chute d'intensité de lumière au cours du fonctionnement. Elle est due à la formation de dépôts de mercure et de ses composés sur l'enduit fluorescent par l'effet de la décharge. La désintégration lente par la décharge de la substance constituant le filament, dont une partie se dépose sur l'enduit, y contribue également. Le voile ainsi produit absorbe une partie du rayonnement ultra-violet et réduit, naturellement, le rendement de la lampe. Cette diminution est plus rapide dans la période de début de l'emploi de la lampe; elle est plus lente ensuite. Elle dépend, jusqu'à un certain point, de la densité du courant; avec les lampes d'assez grande densité, comme la lampe anglaise de 80 watts, elle peut atteindre 20% au cours des premières centaines d'heures, et augmenter de 20 à 30% encore au cours des 3000 heures suivantes. Nombre de facteurs affectent la vitesse à laquelle le voile absorbant se forme sur l'enduit; mentionnons notamment la nature de la substance luminescente elle-même. On étudie actuellement soigneusement cet aspect des poudres et il est probable que c'est de ce côté que surviendront les plus importantes améliorations dans les poudres luminescentes.

LAMPES FLUORESCENTES PRATIQUES

Le tableau II donne les puissances en watts et les dimensions des lampes fluorescentes que l'on trouvera probablement sur le marché britannique d'ici un an environ. Elles produiront la lumière du jour et également une chaude lumière blanche plus reposante. La figure 6 montre ces deux couleurs.

TABLEAU II

DIMENSIONS ET PUISSANCE EN WATTS DES LAMPES FLUORESCENTES BRITANNIQUES

Dimensions Nominales		*Watts*
Longueur en cm	*Diamètre en mm*	
150	38	80
120	38	40
90	25	30
60	38	20
60	25	20
45	25	15

La durée et le rendement moyens des lampes fluorescentes valent 2 à 3 fois ceux des lampes ordinaires au tungstène. On peut ajouter que les caractéristiques spéciales de coloration et de diffusion des lampes fluorescentes, bien que difficiles à mesurer, ont autant d'importance que le rendement lumineux pour l'éclairagiste et les nombreux consommateurs doués d'un sens de l'esthétique. Les lampes à fluorescence sont déjà très employées pour l'éclairage industriel et commercial.

Quelques aspects de la bactériologie du lait

A. T. R. MATTICK

La bactériologie du lait est une branche relativement jeune des sciences appliquées. Elle concerne particulièrement le lait, qui occupe une place unique dans l'alimentation de l'homme mais est malheureusement trop souvent contaminé par des bactéries pathogènes. Veiller à ce que le lait soit propre à la consommation n'est cependant pas le seul but du bactériologiste; cet article décrit plusieurs autres aspects de travaux modernes dont une bonne part présente un intérêt considérable du point de vue purement scientifique.

Le lait de vache joue un rôle unique dans l'alimentation de la plupart des peuples civilisés. La vache transforme les végétaux qu'elle absorbe en protéines de première classe, en graisses et en hydrates de carbone dont le mélange dans une solution aqueuse des sels minéraux et des vitamines indispensables donne le lait qui constitue donc un aliment presque complet. Le lait est aussi un excellent milieu de culture pour d'innombrables espèces de bactéries; la bactériologie du lait et de ses dérivés offre donc un vaste terrain d'investigation. Comme le montrent des publications récentes, les microbiologistes commencent à voir combien il est important d'étudier l'influence des facteurs physiques et du milieu sur la constitution et le métabolisme des micro-organismes. Bien des facteurs déterminent la prédominance de certains types dans une population hétérogène de bactéries; l'un d'entre eux, et non le moindre, est la présence de leurs produits de croissance qui comprennent des substances antibiotiques.

LA PASTEURISATION

Malgré les grands progrès techniques déjà mis en pratique ou prêts à l'être dans la préparation des laits en poudre et des autres formes de lait conservé, il est à présumer que la demande du public pour le lait frais ne cessera de croître bien que le transport et la distribution du lait sous sa forme naturelle, avec les 87% d'eau, ne soient pas économiques. Au point de vue hygiène, une telle répartition impose de lourdes responsabilités au producteur et au marchand de lait.

Si aucun des micro-organismes dans le lait n'était pathogène pour l'homme ou les animaux, leur présence constitueraient seulement un désagrément et une cause de gaspillage. En fait, il n'en est pas ainsi car les vaches elles-mêmes sont sujettes aux infections bactériennes transmissibles à l'homme. La pasteurisation est la seule méthode sûre, satisfaisante et économique de destruction de ces organismes; ce procédé est basé sur le fait que les propriétés vitales du protoplasme des formes bactériennes végétatives sont altérées et que ces organismes sont tués s'ils sont maintenus pendant 10 à 15 minutes à des températures voisines de 60° C ou soumis à une combinaison équivalente de température et de durée. Le nombre d'animaux atteints des plus graves parmi ces maladies sous une forme contagieuse peut être relativement faible mais, lorsque le lait de divers troupeaux est mélangé, le risque de contaminer un très grand nombre de consommateurs augmente considérablement. Il est certes possible, quoique difficile, de produire du lait exempt des organismes responsables de certaines de ces maladies d'origine animale, mais rien ne l'empêche d'être infecté ensuite par une variété d'organismes d'origine humaine.

L'élimination des organismes pathogènes est la raison majeure de la pasteurisation mais, par la même occasion, on détruit la plupart des organismes qui font aigrir le lait et provoquent d'autres altérations. La vie du lait recommence après la pasteurisation, qui permet de livrer du lait sain aux citadins, malgré l'éloignement du lieu de production, ce qui est virtuellement impossible avec le lait non-traité.

LES BACTÉRIES SPORULÉES AÉROBIES

Le lait non-traité peut contenir une multitude d'organismes très variés, mais, en pratique, le gros de la flore se compose de quelques espèces seulement: des streptocoques «lactiques» et autres, des organismes du type colibacille, des microcoques et quelques types de bactéries sporulées, celles-ci proviennent probablement du sol. Les ustensiles de la ferme et de l'usine sont stérilisés habituellement à la vapeur qui, utilisée correctement, détruit tous les formes végétatives mais ne détruit pas les spores, très résistantes à la chaleur, des

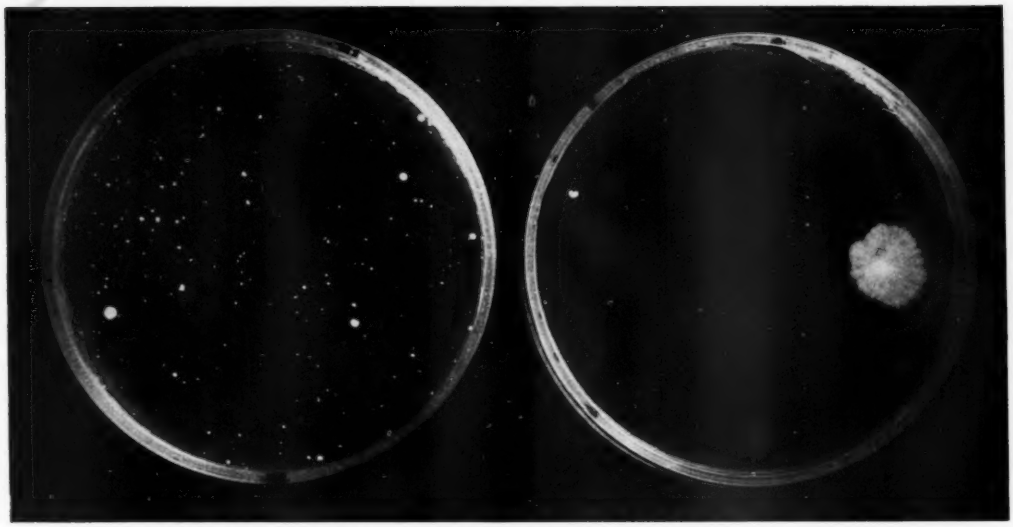


FIGURE I

(*a*) *Plaque de gélose contenant du lait séché. A l'abri de la lumière. Deux cent quarante-sept colonies se sont développées.*

(*b*) *Plaque de gélose analogue à celle de* (*a*), *mais exposée à la lumière, un jour sans soleil. Deux colonies se sont développées.*

bactéries sporulées aérobies. Beaucoup de celles-ci sont plutôt protéolytiques qu'acidifiantes et, le *p*H produit dans la réaction ne leur étant pas favorable, elles ne peuvent lutter contre les streptocoques lactiques: leur présence est de ce fait sans importance dans le lait ordinaire. Par contre, quand les vaches ont été traites dans les meilleures conditions d'hygiène pour éviter toute contamination, ou lorsque la flore microbienne a été détruite par pasteurisation, qui ne tue pas les spores, les bactéries sporulées peuvent causer de sérieuses difficultés. Des observations faites à Reading, et récemment confirmées dans d'autres laboratoires, ont montré que beaucoup de spores ne germent pas sans l'intervention d'un stimulus tel que la chaleur de pasteurisation, insuffisante pour les tuer. La germination devient alors rapide et, faute de concurrence des agents acidifiants, le type sporulé devient prédominant.

Beaucoup produisent une enzyme coagulante semblable à la présure qui caille le lait sans le faire aigrir. La crème du lait présente des conditions aérobies particulièrement appropriées à certains types de bactéries sporulées qui la font floculer. Ceci est probablement dû à l'action des produits du métabolisme bactérien sur les protéines adsorbées sur les globules de graisse. Si des récipients contenant du lait « stérilisé » donnent accès à assez d'oxygène pour permettre la germination des spores qui ont reçu le stimulus requis et ont survécu au chauffage intense, certaines bactéries sporulées donnent des phénols et des crésols à partir de la tyrosine de la protéine du lait. Cette production est parfois si importante que le lait devient inutilisable.

Plusieurs types de bactéries sporulées ont permis de faire des présures « végétales » pour la fabrication de fromages destinés aux communautés adversaires de la présure animale.

Les bactéries sporulées aérobies (Bacille) constituent un groupe intéressant dont l'étude approfondie reste à faire. Elles ont déjà fourni quelques substances antibiotiques puissantes, dont la gramicidine.

LES BACTÉRIES THERMOPHILES

Les membres du genre *Bacillus* croissent dans les conditions les plus diverses et sont des plus adaptables. Certains, dits thermophiles, peuvent causer de graves difficultés dans la pasteurisation à grande échelle. Dans ce procédé, on économise de la chaleur grâce à un échangeur de température où le lait froid est réchauffé à l'arrivée par le lait chaud sortant à 63° C. La température normale est d'environ 54° C et, dans ces conditions, les thermophiles, tant les streptocoques non sporulés que les bactéries sporulées aérobies, sont à même de croître rapidement. Ces dernières causent

FIGURE 2 – *Inhibition de la croissance du bacille de la tuberculose. Les flacons (photographiés à plat) contiennent un milieu liquide dont la surface a été ensemencée avec une race de bacille de la tuberculose humaine.*

(à gauche) Témoin: pas d'addition d'antibiotique.

(au centre) Addition d'antibiotique: inhibition partielle.

(à droite) Addition d'antibiotique, à une plus grande concentration: inhibition totale (croissance nulle).

d'ailleurs parfois de sérieux ennuis dans des parties encore plus chaudes de l'installation. Ce n'est que par un nettoyage méticuleux au moyen de détersifs et d'une désinfection à l'aide de produits chimiques adéquats qu'on peut enrayer une forte infection due à des organismes de ce genre, la vapeur étant absolument inefficace. Les bactéries sporulées thermophiles croissent impunément à des températures bien supérieures à celles où les formes végétatives de bactéries courantes sont détruites. Elles sont extrêmement intéressantes et importantes du fait que leur protoplasme continue à remplir ses fonctions vitales dans des conditions apparemment défavorables. Il faut donc que la composition et la structure générale de ces cellules soient radicalement différentes de celles des bactéries ordinaires. On s'est en effet aperçu que les générations se succèdent plus rapidement que celles d'autres organismes. Dans une culture statique, les diverses phases — la phase de retard, la phase de croissance logarithmique et la phase de déclin et de mort — sont complètes en un court espace de temps. Ce phénomène de la croissance à des températures si élevées est d'autant plus remarquable que les cellules végétatives sont tuées si la température s'élève légèrement au-dessus de celle de la croissance. Dans des cultures sur plaques de gélose, les bactéries sporulées thermophiles du lait sont anormalement sensibles à la lumière. Après de courtes expositions à la faible clarté diurne du mois de Mars qui traverse la vitre, le couvercle de la boîte de Pétri, et enfin la plaque de gélose dans laquelle les organismes sont enrobés, on constate une nette diminution du nombre de ceux qui croissent après une nouvelle incubation. Une exposition plus longue peut stériliser complètement la plaque. Des cultures de lait sec sur plaques (figure 1) montrent aussi que d'autres organismes qui ont survécu à un intense chauffage sont très vulnérables à l'action de la lumière.

RÉSISTANCE À LA CHALEUR

Le lait tel qu'il sort du pis d'une vache saine ne contient que des microcoques et des *Corynebacteria*, soit ensemble, soit séparément, en faible proportion; et ils offrent peu de résistance à la chaleur. Ce lait est stérilisé par la pasteurisation.

Mais habituellement, le lait contient une flore plus variée comportant des streptocoques, des staphylocoques, des microcoques et des *Corynebacteria*. Avec quelques autres recueillis pendant la traite, ces organismes constituent la flore peu nombreuse du lait non traité de bonne qualité. Tous, sauf les *Corynebacteria* (d'un type différent de celles que l'on rencontre dans le lait obtenu de façon *aseptique*), sont facilement détruits par la chaleur. Mais, dans le lait ordinaire manipulé en grandes quantités de la manière courante, on trouve communément des streptocoques et des microcoques dont un nombre considérable survit à la pasteurisation. Ces organismes ont acquis une résistance à la chaleur lors de leur séjour sur des surfaces nettoyées et stérilisées imparfaitement. Il est vrai que certains organismes végétatifs du lait, du type colibacille par exemple, sont à même de survivre en petit nombre à la pasteurisation, mais une résistance permanente à la chaleur chez ce type n'est pas courante et paraît limitée à quelques cellules. Il y a néanmoins quelques organismes végétatifs tels que ceux du genre saprophyte *Microbacterium* (*Corynebacterium*) fréquents dans les appareils malpropres, qui parviennent à survivre dans du lait chauffé à 90° C environ pendant 10 minutes.

LES BACTÉRIES DE L'ACIDE LACTIQUE

Des organismes de toute espèce provoquent des altérations dans le lait ou les laitages, mais ceux qui font fermenter le lactose, en donnant de l'acide lactique comme produit final essentiel, sont les plus importants à bien des titres. Les streptocoques dits « lactiques », *Str. lactis* et *Str. cremoris*, sont les principaux responsables de ce que le lait aigrit aux températures normales. On a montré récemment qu'ils appartiennent à un groupe sérologique distinct du genre *Streptococcus*: ils produisent des anticorps qui ne réagissent pas avec les antigènes des autres streptocoques. Ces organismes étaient considérés par certains comme une simple variété de streptocoques fécaux qui sont communs dans la flore intestinale de beaucoup d'animaux; la distinction a été finalement clairement établie. Dans le lait, leur croissance est si rapide qu'ils prédominent habituellement dans la flore. La fermentation du lactose se poursuit jusqu'à ce que la concentration en acide lactique soit d'environ 1%. Il se forme en même temps de petites quantités de sous-produits tels que de l'acide acétique et l'acide propionique, de l'acétylméthyl-carbinol et son produit d'oxydation le diacétyle (un composé « aromatique »). Si, au contraire, la croissance est lente, ce qui arrive à des températures plus basses ou dans les conditions plutôt défavorables créées par certains produits du lait, la dégradation de l'acide lactique est incomplète et les composés intermédiaires forment une proportion plus appréciable des produits de la fermentation. Quand la fermentation du lait cesse à une concentration de près de 1% d'acide lactique, le lait est relativement à l'abri des attaques des organismes qui y croîtraient librement au *p*H normal de 6,6 environ. En particulier, il est à l'abri de ceux qui attaquent les protéines en produisant des composés d'un goût déplaisant tels que les peptones.

LES BACTÉRIES ET LA FABRICATION DU FROMAGE

Sans les bactéries de l'acide lactique, le fromage n'existerait pas. On ajoute au lait des cultures de streptocoques lactiques (« promoteurs ») dont la croissance est accélérée en élevant la température aux environs de 28° C. Ceci a un effet double, d'une part en arrêtant la croissance d'organismes indésirables, d'autre part en amenant le lait de son *p*H normal à celui qui est le plus favorable à l'action de l'enzyme coagulante, la présure. La texture du fromage ne sera homogène que si le caillé est ainsi amené à un état physique approprié; faute de quoi il ne sera pas non plus assez anaérobie, après moulage, pour empêcher la croissance des organismes qui attaquent les protéines. Trois jours, environ, après sa fabrication le lactose du caillé est épuisé, et la croissance des streptocoques cesse, bien qu'une partie survive encore pendant longtemps. Grâce aux conditions anaérobies produites par la pression et la contraction du caillé, les bacilles lactiques, déjà présents en petit nombre dans le lait, se mettent à croître. Ceci grâce à leur aptitude à se développer à un faible *p*H et en présence d'une forte concentration saline; il n'en est heureusement pas ainsi de la plupart des autres bactéries. A mesure que le fromage se fait, le *p*H s'élève de 5 environ à 5,4 sous l'influence des enzymes de la présure et des bacilles lactiques. Si le « promoteur » initial ne produit pas l'acidité requise, le fromage sera de qualité médiocre et éventuellement non comestible. Le lait contient habituellement quelques organismes du genre *Clostridium*. Ceux-ci sont anaérobies et certains types décomposent les molécules de protéines, en produisant de l'hydrogène sulfuré et des mercaptans nauséabonds. Dans du fromage bien fait, ils ne peuvent pas croître à cause du faible *p*H, mais si le « promoteur » n'a

pas produit l'acidité convenable, et si par hasard la concentration des organismes anaérobies est appréciable, il se forme une masse déplaisante.

LE BACTÉRIOPHAGE

L'échec des streptocoques « promoteurs » peut être dû à plusieurs causes. La plus désastreuse est l'attaque par le bactériophage. Depuis sa découverte en 1915, il a été étudié à fond, mais son origine et sa nature restent obscures. Il semble que ce soit une sorte de virus qui traverse les antigènes superficiels des cellules bactériennes *en pleine croissance*, amenant ainsi leur désintégration et leur mort. La spécificité du bactériophage pour des types bactériens ou même pour des espèces est très marquée quoique pas absolue; on s'en sert, par exemple, pour découvrir l'origine de staphylocoques qui infectent une population. Le « promoteur », dans une fromagerie, est habituellement préparé en masse. S'il est contaminé par des particules de bactériophage disséminées dans la buée des séparateurs de caillé, ou suspendues dans l'air des cuves à fromage ou des conduits d'écoulement, les streptocoques peuvent être détruits et le « promoteur » rendu inutilisable pour la production d'acide lactique dans le lait. D'autre part, dans une cuve où la concentration de bactériophage a été insuffisante pour empêcher le développement de l'acidité minima, les résidus de caillé peuvent former un foyer d'infection assez concentré pour empêcher la production d'acide dans du lait mis dans cette même cuve par la suite.

Grâce à l'extrême spécificité du bactériophage, on peut pallier à cet inconvénient si l'on connaît les bactériophages-types spécifiques des streptocoques « promoteurs ». On peut alors remplacer la culture utilisée par une autre dont le bactériophage spécifique est différent. Mais une vigilance constante s'impose, car l'amélioration ne sera sans doute que temporaire. Après une attaque par le bactériophage, la plupart des cultures reprendront leur croissance grâce à la présence de certaines cellules qui résistent à la pénétration du virus, mais souvent elles ne conviendront pas comme « promoteurs » pour d'autres raisons.

LES SUBSTANCES ANTIBIOTIQUES

Le bactériophage n'est pas seul à nuire à la croissance du « promoteur ». Si les ustensiles de laiterie, les trayeuses par exemple, ne sont pas nettoyées régulièrement, une flore de streptocoques lactiques d'un type particulier peut s'établir et infecter le lait.

Ces streptocoques sont une source d'acide, certes, mais ils produisent également une substance éminemment inhibitrice; ils empêchent la croissance du promoteur, rendant ainsi difficile ou même impossible toute fabrication de fromage. Il suffit de 3% de lait dans lequel ces organismes inhibiteurs se sont développés pour arrêter la croissance du promoteur dans la cuve à fromage. On étudie actuellement cette substance inhibitrice. On a constaté qu'elle protège les souris contre de fortes doses de streptocoques virulents, qu'elle empêche la croissance de nombreux streptocoques d'origine humaine et animale, du *Clostridium*, des *Corynebacteria* et de quelques espèces de bacilles. Cependant, sa propriété la plus intéressante est le pouvoir d'inhiber « in vitro » des bacilles de tuberculose humaine et bovine (figure 2). On est en train d'essayer, dans ce laboratoire de Reading et dans d'autres établissements, d'isoler et de purifier cette substance et d'étudier sa valeur thérapeutique. Elle est certainement très active car les meilleures préparations, à une concentration de 6×10^{-6}, inhibent les organismes soumis aux essais.

ACTIONS PROTECTRICES

C'est à Reading que l'on a montré pour la première fois que l'oxydation de la vitamine C (acide ascorbique) du lait est fortement catalysée par la lumière. On a remarqué aussi que si la croissance des bactéries est rapide, surtout celle des bactéries non pathogènes génératrices d'acides, cette oxydation est sérieusement entravée et peut même être empêchée dans certaines conditions. Par exemple, ce lait aigre, que le marchand s'efforce tant d'éviter, contient parfois plus d'acide ascorbique assimilable que du lait de meilleure conservation! Bien que la quantité d'acide ascorbique dans le lait ordinaire soit assez minime, elle constitue cependant une proportion appréciable de la consommation moyenne.

Le cuivre étamé, facile à fabriquer et excellent conducteur de la chaleur, a été employé à profusion dans les installations et les appareils de l'industrie laitière, en particulier pour les refroidisseurs de lait. Le cuivre est soluble dans le lait et même en très petite quantité agit comme catalyseur d'oxydation rapide des acides gras non saturés du lait; les composés résultant de cette réaction ont un goût fort désagréable comme c'est le cas pour le « lait huileux ». Par conséquent, des surfaces de cuivre nu présentent un danger possible et sont à éviter dans une laiterie.

Cycle anatomique des fougères

C. W. WARDLAW

Il y a à peine plus d'un siècle l'on découvrit que chez la plupart des plantes la croissance se fait à partir de la région apicale. Cette découverte a permis d'élucider beaucoup de problèmes sur le développement des plantes et s'est montrée particulièrement intéressante pour l'étude des processus d'évolution. Le Professeur Wardlaw nous expose ici, avec des exemples choisis parmi les fougères, ces deux aspects de la morphologie végétale ainsi que le développement du point de vue actuel.

Sous l'influence de Goethe et des « philosophes de la nature », les botanistes du début du XIXe siècle se préoccupèrent beaucoup de problèmes théoriques. Les recherches expérimentales étaient presque complètement abandonnées. Cet état de choses persista jusqu'au moment où Schleiden, il y a un peu plus d'un siècle, déclara énergiquement que c'était l'étude du développement qui mènerait à de nouvelles découvertes. Une période de progrès remarquables commença aussitôt. Von Mohl rétablit l'étude de l'anatomie et Naegeli, s'intéressant au mode de formation des éléments constituants des plantes ou cellules dans les organes végétatifs en croissance, établit la théorie de la formation cellulaire. Il montra notamment l'analogie entre ces processus chez les cryptogames inférieurs, tels que les algues, et chez les végétaux vasculaires, comme les fougères et les plantes à fleurs. Il devint alors possible d'exposer de façon cohérente le développement des tissus et des organes à partir du zygote unicellulaire, ou oeuf fertilisé donnant l'adulte pluricellulaire, de forme et de structure complexes. Naegeli considérait que l'histoire du développement de la plante ne constituait pas seulement l'un des nombreux moyens d'étudier les formes végétales, mais qu'elle permettait aussi d'étudier la nature de la vie organisée. Le point de départ et le développement des organes purent être apparentés à la formation cellulaire aux points de croissance apicale.

Hofmeister, inspiré par les travaux de Schleiden, se consacra à l'étude d'un domaine jusque là complètement inexploré, celui de la reproduction et de l'embryologie des Bryophytes (mousses et hépatiques) et des Ptéridophytes (fougères, lycopodes et prêles); il étudia de façon comparable les plantes à graines. En fait il établit ce que nous appelons aujourd'hui l'« histoire » de ces plantes. L'ensemble des connaissances qu'il avait accumulées lui permit en 1851 d'énoncer un principe général extrêmement important, selon lequel les mousses et les hépatiques, les fougères et les plantes voisines, les gymnospermes et les angiospermes, passent toutes par le même cycle, caractérisé par les mêmes évènements et les mêmes phases critiques de développement, et par l'alternance périodique des générations. Cet ouvrage, augmenté et publié en anglais en 1862 sous le titre de *Higher Cryptogamia*, fit époque en botanique. Nous reproduisons ici (figure 1) comme exemple de la précision dans le détail et du soin minutieux déployés par Hofmeister, une page d'anatomie des fougères extraite de *Higher Cryptogamia*. Certains de ses contemporains se montrèrent également brillants. Stenzel notamment mérite d'être mentionné pour ses études de l'anatomie vasculaire des fougères, et quelques-unes de ses reconstitutions sont si remarquables qu'elles n'ont pas été surpassées (figure 2).

Bien qu'il fut là sur un terrain vierge et infiniment varié, plein de sujets d'émerveillement et de surprise pour l'anatomiste, Hofmeister ne se borna pas à un travail purement descriptif. Il ne lui suffisait pas de constater au cours du développement d'une espèce donnée la succession régulière de modifications caractéristiques de forme et de structure: il se demandait constamment, Comment telle forme a-t-elle pris naissance? A quel processus de croissance peut-on rapporter ce développement structural? Quels sont les facteurs internes et externes qui déterminent l'organisation structurale spécifique? Il réunit en 1868 les points principaux de ces recherches dans son livre *General Morphology of Growing Things* (Morphologie générale des êtres en croissance). Il essaya d'appliquer les considérations mécaniques et physiques à l'explication du développement des formes et des structures végétales et d'en tirer des principes généraux ainsi que des données de physiologie expérimentale.

On pourrait penser que, à la suite de ces

admirables recherches objectives, la botanique était enfin établie sur des bases solides, dans lesquelles la morphologie et la physiologie étaient considérées comme des aspects inséparables du même thème. On pourrait supposer également que notre connaissance des facteurs qui affectent le développement des formes et des structures végétales est maintenant très avancée. Mais il n'en est pas ainsi et il est bon de se demander pourquoi. Ce fait est dû au développement d'une autre branche de la biologie, contemporain des investigations causales de Hofmeister.

En 1859 Darwin publia son livre *Origin of Species*. Au cours de la période qui suivit l'énonciation de la théorie de l'évolution on considéra les détails de la structure végétale, ainsi que les données fournies par les observations faites sur les fossiles, comme de simples matériaux permettant des études comparatives et la construction de systèmes phylogénétiques; en termes plus familiers, la reconstitution d'«arbres généalogiques». C'était là s'éloigner du point de vue causal caractéristique des derniers travaux d'Hofmeister. Il ne s'agissait plus de savoir, Comment une forme donnée prend-elle naissance, en fonction des facteurs de nutrition, de temps, d'espace, et des facteurs mécaniques? mais: Quelle parenté indique cette forme et comment peut-on utiliser cette donnée pour suivre l'évolution à travers les générations? La morphologie générale ou causale d'Hofmeister était remplacée par la morphologie spécialisée ou comparée de ceux qui étudiaient l'évolution. Il est bien évident qu'il n'est pas possible d'étudier ou d'interpréter l'évolution chez les végétaux sans avoir recours à la morphologie comparée. On trouve les preuves de l'évolution dans les changements de forme et de structure au cours des périodes géologiques, et dans la diversité des formes et des structures des plantes actuelles. Les études entreprises au point de vue phylétique ont élargi considérablement nos connaissances sur la diversité des structures végétales. Les fougères et les plantes voisines notamment, dont les ancêtres remontent aux périodes du Silurien supérieur et du Dévonien se montrèrent plus qu'aucune classe végétale, une source de matière première pour l'étude de l'évolution. L'anatomie végétale, maintenant appuyée sur une thèse englobant des sujets d'une portée et d'un intérêt immenses, reprenait alors sa place: on étudia notamment de façon minutieuse les points de croissance apicale, le système vasculaire et conducteur, les organes producteurs de spores, et le développement de l'embryon. Pour ces études, dans lesquelles les botanistes britanniques jouèrent un rôle de premier plan, les critères de comparaison basés sur l'étude d'organismes vivants apparentés furent vérifiés à l'aide des données fournies par l'étude des fossiles; et, petit à petit, se dessinèrent les grandes lignes d'un exposé encore théorique et évidemment incomplet de l'évolution des plantes terrestres.

Pendant la période phylogénétique la morphologie et la physiologie végétales furent malheureusement étudiées indépendamment l'une de l'autre. Pis encore, morphologistes et anatomistes avaient facilement recours à des « explications » pseudo-physiologiques des fonctions et de la capacité d'adaptation des tissus et des organes. Il est caractéristique que ces hypothèses n'aient jamais été vérifiées expérimentalement. D'autres difficultés se présentèrent ensuite. On avait tacitement admis jusque là que la similarité de forme et de structure indiquait une affinité génétique ou une proche parenté, c'est-à-dire que des organismes voisins, malgré des différences génériques et spécifiques, avaient néanmoins à la base une forme et une structure communes. Mais à mesure que l'on poussait plus avant les recherches anatomiques, on remarqua que les mêmes caractères structuraux se rencontraient parfois chez des plantes qui, d'après tous les autres critères n'étaient aucunement apparentées. Il était en fait évident que l'on rencontre souvent dans le monde végétal des développements parallèles ou *homoplastiques*. Ceci amena à penser q'il n'y avait pas, comme le supposaient les biologistes de la période Darwinienne, un arbre généalogique, ou une lignée uniques, mais de nombreuses lignées parallèles à partir d'ancêtres primitifs. L'arbre généalogique était en fait devenu une forêt. Plus tard les pessimistes et les timorés devaient affirmer qu'on l'avait réduite à un fagot. Mais une autre considération contribua à diminuer la valeur des résultats des études comparatives. Ce fut l'acceptation du fait que les changements de configuration subis au cours du développement par un organe ou un tissu, le système vasculaire par exemple, pouvaient être attribués non pas à des facteurs intrinsèques mais à des facteurs extrinsèques tels que l'accroissement de taille ou l'intervention de facteurs mécaniques. On peut prendre comme exemple les fougères. Pendant la période phylétique on considérait qu'un système vasculaire, ou stèle, consistant en une colonne centrale compacte de xylème ou bois, entourée de phloème ou liber, et appelée protostèle, était une forme

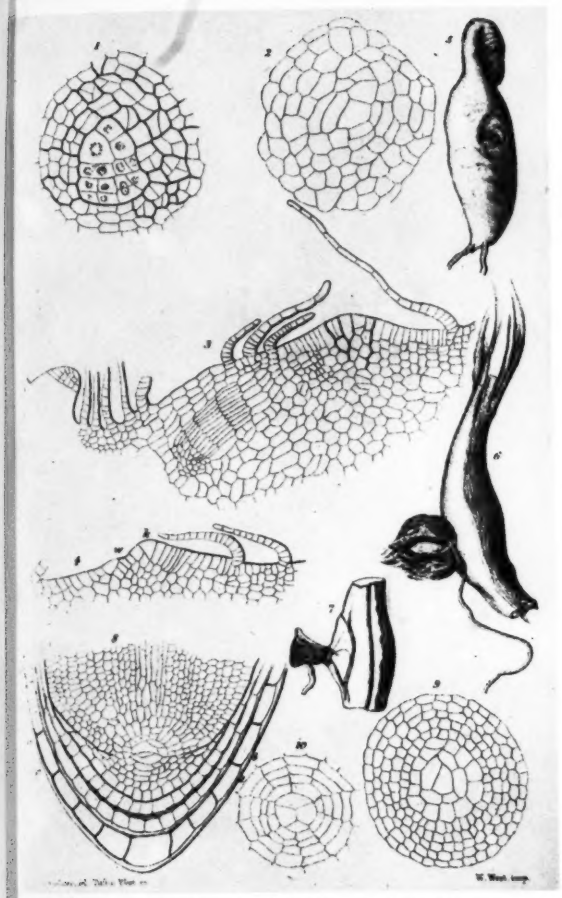


FIGURE 1 – *Reproduction d'une planche de* Higher Cryptogamia; *montrant pour la fougère mâle,* Dryopteris filix-mas: 1, 2, *extrémité apicale d'une pousse dirigée la pointe en bas;* 3, 4, *coupes longitudinales médianes de l'extrémité de la pousse;* 5, 6, 7, *détails de bourgeons latéraux;* 8, *coupe longitudinale;* 9, 10, *coupe transversale de l'extrémité d'une racine.*

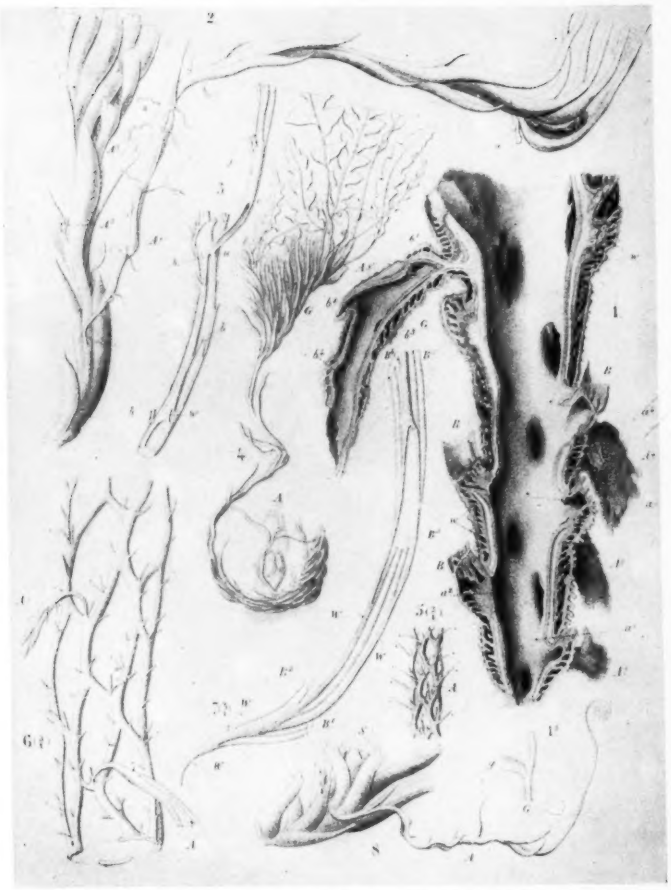


FIGURE 2 – *Reproduction d'une planche d'anatomie des fougères extraite d'un mémoire de Stenzel* (1861); *représentant des pousses, des rhizomes, et la dissection du système conducteur ou vasculaire de plusieurs fougères.*

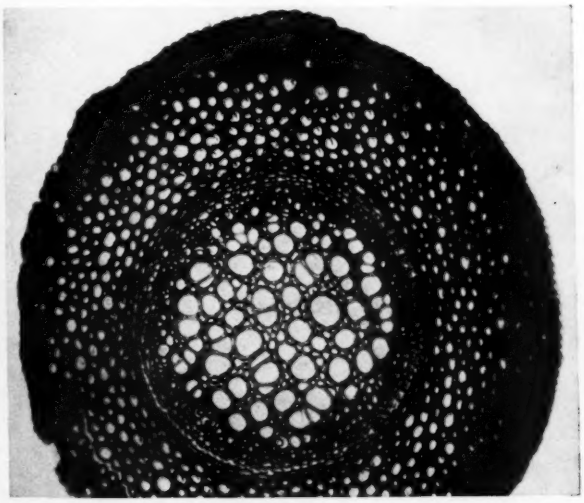


FIGURE 3 – Gleichenia dichotoma. *Coupe transversale d'un rhizome montrant le système vasculaire d'une protostèle.* (× 70.)

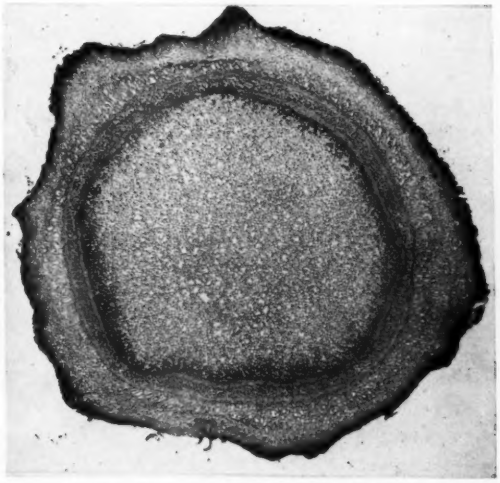


FIGURE 4 – Dryopteris aristata. *Coupe transversale d'une tige. La solénostèle constituant le système vasculaire a été produite en enlevant systématiquement toutes les jeunes ébauches primordiales des feuilles.* (× 7.)

(Les figures 3 et 4 sont des photographies faites par E. Ashby.)

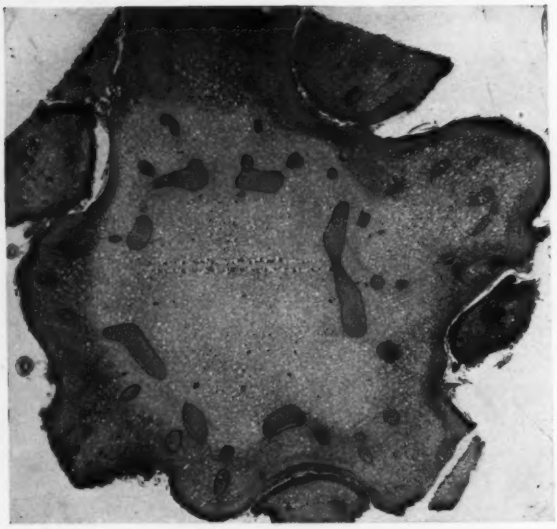


FIGURE 5 – Dryopteris aristata. *Coupe transversale de la même tige que Figure 4, mais plus bas dans la portion normale, présentant un système vasculaire dictyostèle: les cordons vasculaires séparés forment l'ensemble d'un réseau.* (× 5,25.)

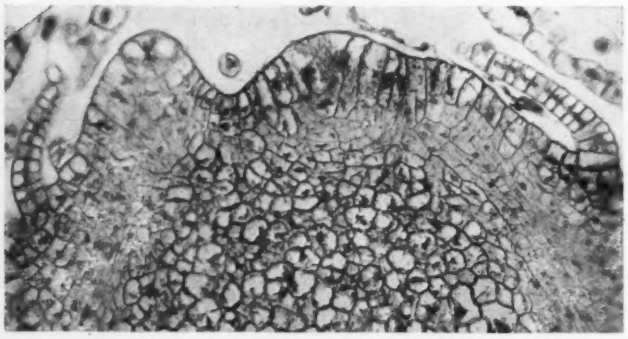


FIGURE 6 – Dryopteris aristata. *Coupe longitudinale médiane de l'extrémité apicale d'une tige, montrant le méristème apical, une ébauche primordiale de feuille (à gauche), des écailles (à droite et à gauche), et le tissu vasculaire en croissance.* (× 126.)

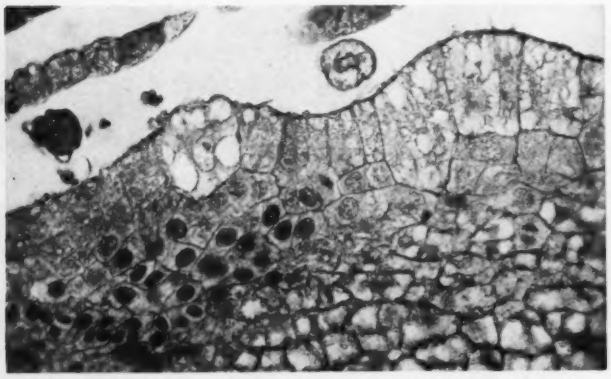


FIGURE 7 – Dryopteris aristata. *Portion de la région apicale, coupe longitudinale, montrant les cellules du méristème. La cellule plus volumineuse (à gauche) est la cellule initiale d'une feuille.* (× 240.)

FIGURE 8 – Dryopteris aristata. *Coupe médiane longitudinale d'une ébauche primordiale de feuille à un stade très jeune de développement.* (× 360.)

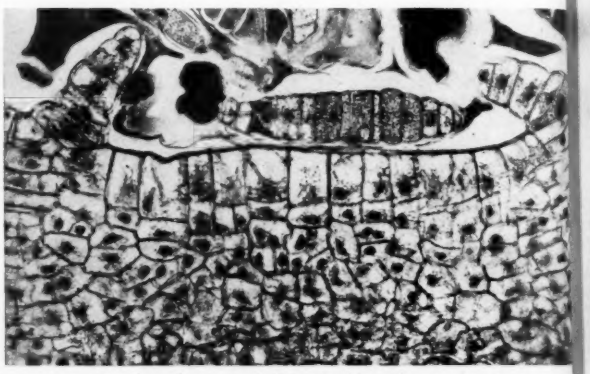


FIGURE 9 – Onoclea sensibilis. *Portion d'une coupe transversale d'un rhizome montrant une ébauche primordiale de bourgeon, ou un méristème détaché avec des écailles protectrices débordantes.* (× 225.)

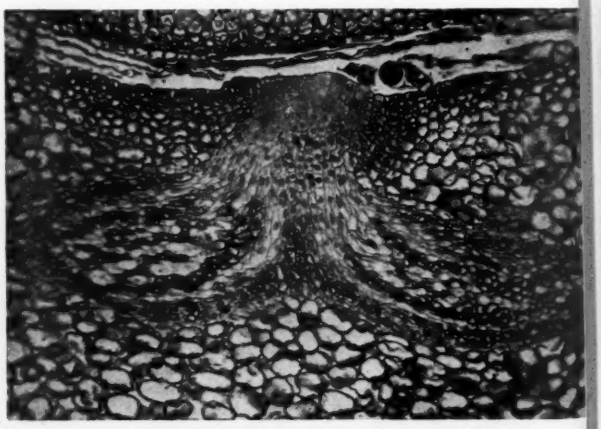


FIGURE 10 – Matteuccia struthiopteris. *Portion d'une coupe transversale d'une tige dressée montrant un méristème détaché se développant pour donner un bourgeon latéral. Le système vasculaire du bourgeon s'est fusionné avec deux cordons vasculaires confluents du rhizome.* (× 90.) *(Les figures de 5 à 10 sont des photographies prises par E. Ashby.)*

ancienne et primitive. Ce genre de stèle est caractéristique des fougères fossiles les plus anciennes et des fougères actuelles considérées comme primitives (figure 3); il existe également dans les premiers stades de développement des autres fougères considérées comme plus évoluées et dérivées. Un autre type de stèle, la solénostèle, constituée par un cylindre de xylème avec liber externe et interne, et une moelle centrale (figure 4), était considéré comme un type plus récent ou dérivé. Ce genre de stèle se rencontre en général chez les fougères considérées comme occupant une position intermédiaire dans l'échelle systématique. La dictyostèle (figure 5) est une forme plus poussée de développement de la stèle dans laquelle celle-ci, essentiellement cylindrique, présente de larges lacunes parenchymateuses, il en résulte un système vasculaire en forme de réseau. La dictyostèle caractéristique des fougères actuelles les plus évoluées passe au cours de son développement par les stades de protostèle et de solénostèle. Pendant la période phylogénétique les données de la morphologie stélaire semblaient former une théorie cohérente et concrète, d'après laquelle la structure de la stèle fournissait l'un des critères les plus utiles pour des fins comparatives, d'autant plus que l'on considérait le tissu vasculaire des végétaux comme l'un des « plus conservateurs ». Mais en 1921 Bower modifia cette façon de voir en démontrant, à la suite de l'examen d'un grand nombre de stèles de ptéridophytes, que cette modification morphologique accompagnait une augmentation de taille, causée d'une façon ou d'une autre par des facteurs physiologiques et mécaniques. Cette observation amène à conclure que lorsque des caractéristiques structurales données peuvent être expliquées par des facteurs causatifs tels que le facteur de taille, elles perdent leur valeur au point de vue comparatif et ne peuvent être considérées comme des preuves de modifications progressives au cours des âges.

Au moment où les études comparatives perdaient de leur intérêt, on commença à se rendre compte que même si nous possédions entièrement l'histoire phylogénétique des végétaux nous aurions encore à résoudre les problèmes de la morphologie causale, i.e. de l'étude des facteurs affectant la forme, et que ceux-ci étaient en réalité l'essence même de la recherche biologique. C'est l'attitude adoptée aujourd'hui: nous avons compris que nous savons très peu de choses sur les facteurs qui affectent l'évolution des végétaux au point de vue forme et structure. C'est pourtant sur les données de cette évolution que furent établies les généralisations de morphologie comparée.

Au cours des trente dernières années les botanistes ont donc manifesté une tendance marquée à abandonner les études purement comparatives pour des recherches sur les processus du développement. La physiologie joue un rôle important dans ces recherches. Mais des études de ce genre devraient porter non seulement sur les facteurs qui affectent l'évolution de forme et de structure d'un individu, mais aussi sur l'évolution dans son sens le plus large et sur ses formes. Le problème considéré sous cet angle comporte également l'anatomie végétale et la morphologie expérimentale. Les fougères sont considérées comme le matériel de choix pour ces recherches, à cause de leur plus grande simplicité de structure par comparaison avec les plantes à fleur.

On peut exprimer ainsi le point de vue moderne. Chez les plantes vasculaires, c'est l'extrémité apicale de la tige qui est le siège de toutes les activités de formation primaire: tous les appendices latéraux, feuilles, écailles et bourgeons (excepté les bourgeons fortuits) prennent naissance à l'extrémité supérieure de la tige ou dans son voisinage immédiat; il en est de même de tous les systèmes de tissus primaires. Donc, si nous voulons comprendre comment s'établissent la forme externe et la structure interne d'une plante vasculaire donnée nous devons étudier, par tous les moyens à notre disposition, les processus de formation (ou morphogénétiques) de la région apicale pendant tout le développement de l'individu. Nous revenons donc, mais sur un plan plus élevé, à un système de travail très voisin de celui d'il y a cent ans. Le point de vue moderne est essentiellement dynamique. Les fougères se sont montrées particulièrement utiles dans ce travail car elles possèdent un méristème apical caractéristique et très distinct, comportant généralement une cellule apicale distincte (figures 6 et 7), et de plus, dans les fougères telles que la fougère mâle (*Dryopteris filix-mas*) ou l'aspidie (*D. aristata*), l'ébauche primordiale de chaque feuille est une seule cellule du méristème (figures 7 et 8). De plus, on peut suivre le tissu vasculaire naissant jusqu'à une région située immédiatement au-dessous du méristème apical, et ceci a donné naissance à l'hypothèse selon laquelle la différenciation initiale du tissu vasculaire serait due à la diffusion à la base de la feuille d'une ou plusieurs substances provenant des cellules actives du méristème (figure 6).

Pour le travail expérimental, les bourgeons

peuvent constituer un excellent matérial de recherches sur les processus de développement. L'étude, chez les fougères, des rapports entre la position et le développement des bourgeons a fourni des renseignements intéressants. Comme chez les plantes à fleurs, les bourgeons latéraux des fougères sont inhibés par des substances provenant de l'extrémité de la tige en croissance active: la destruction de la partie terminale est généralement suivie de la croissance plus ou moins rapide des bourgeons latéraux. Selon que le bourgeon latéral est plus ou moins proche de la région apicale, son tissu vasculaire peut être plus ou moins en conjonction avec celui de la tige principale (figure 10) ou, dans les régions plus âgées il peut n'y avoir aucune conjonction. Quant à l'origine des bourgeons, la question se pose de savoir quelle est, si elle existe, la parenté avec le méristème apical. Des recherches récentes sur les fougères ont confirmé la découverte faite antérieurement que les tissus de la plante prennent tous naissance à partir du méristème: en d'autres termes, l'ébauche primordiale de chaque bourgeon, constituée par des cellules superficielles du méristème, font partie à l'origine du méristème apical de la tige, mais s'en détachent au cours de la croissance. Ces bourgeons, qui ont été décrits comme des méristèmes détachés (figure 9), tendent à se former et persistent dans des positions bien définies le long de la tige, et donneront des tiges latérales lorsque la domination physiologique du méristème terminal aura cessé.

Chez beaucoup de fougères il se forme des lacunes parenchymateuses typiques dans la stèle de la tige en face de la base des feuilles. On a discuté et « expliqué » de diverses façons la dictyostèle caractéristique qui en résulte, et comme nous l'avons vu elle a servi à des études comparatives. L'importance relative de l'axe ou tige et de la feuille dans la formation du système vasculaire ont été également très discutés. On a par exemple affirmé que le système vasculaire de la tige est formée de cordons vasculaires descendant des feuilles, et qu'en fait il n'y a pas de stèle qui soit d'origine purement axiale. On peut vérifier expérimentalement qu'il existe une parenté directe entre le développement de la feuille et la morphologie interne de la tige et qu'il existe une véritable stèle axiale chez les fougères. On a démontré que si l'on détruit une série d'ébauches primordiales très jeunes de feuilles de *Dryopteris*, la formation des lacunes parenchymateuses est empêchée, et le système vasculaire de la tige principale qui se développe est une solénostèle et non pas une dictyostèle comme dans la tige normale.

Les résultats d'une série d'expériences indiquent que l'on ne peut continuer à soutenir la nature « conservatrice » du système vasculaire des fougères. L'importance des facteurs de nutrition, des facteurs mécaniques et spatiaux, s'est révélée au point de vue de leur influence sur la répartition des tissus dans la région en croissance et par conséquent sur la structure terminale.

Il est évident que la région de croissance offre au physiologiste une quantité de problèmes d'une importance et d'un intérêt considérables. Cette région est par excellence le siège de la formation du protoplasme, et par conséquent de la synthèse des protéines. C'est là que sont produites les substances telles que les auxines qui exercent une action importante sur d'autres portions de la plante. Le biochimiste entre également en jeu. Il faudra donc avoir recours à des techniques nouvelles et perfectionnées pour procéder à une étude physiologique complète de cette région génératrice peu étendue mais d'importance primordiale; mais les résultats obtenus, combinés à ceux des morphologistes, amélioreront sans aucun doute nos connaissances sur le processus de développement et les rendront plus complètes et cohérentes.

Il faut mentionner également un autre aspect du sujet. Il n'y a que peu de temps que l'on a commencé à prêter l'attention qu'elles méritent aux relations existant entre les gènes et les processus de développement. On ne sait actuellement que peu de choses sur l'expression physiologique d'un gène — comment, où, et quand exerce-t-il son influence? Dans beaucoup de cas, mais pas tous, les résultats sont visibles sous forme de caractères de forme et de structure apparaissant au cours du développement. Ici encore on peut considérer que la combinaison des données fournies par la génétique et par la morphologie sera accompagnée de nouveaux progrès importants.

Ce bref exposé est destiné à montrer la valeur et la portée de la morphologie expérimentale. Il est clair que les résultats obtenus, combinés à ceux des autres branches de la botanique devraient présenter un double intérêt. Tout d'abord, ils devraient répondre au moins partiellement aux questions posées par Hofmeister il y a quatre-vingts ans; deuxièmement, ils devraient ouvrir la voie pour un nouvel examen critique de ce qui doit toujours rester l'un des problèmes fondamentaux de la biologie; c'est-à-dire le cours et le processus de l'évolution.

Le métabolisme de l'hormone oestrogène

G. F. MARRIAN

Les recherches récentes sur les hormones oestrogènes ont porté plus particulièrement sur l'étude des modifications chimiques qu'elles subissent dans l'organisme. Cette étude constitue un pas en avant vers une meilleure compréhension de la nature des réactions par lesquelles elles exercent leur fonction physiologique. Le Professeur Marrian passe ici en revue nos connaissances actuelles dans ce domaine de la biochimie, et esquisse les grandes lignes des progrès futurs.

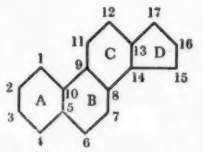
Chez les animaux femelles la croissance de l'utérus et du vagin à l'époque de la puberté ainsi que les modifications caractéristiques qui se produisent dans ces organes sexuels accessoires au moment de la période de « rut » ou oestrus, sont dues à un principe actif qui est déversé par les ovaires dans le courant sanguin. Si l'on supprime l'influence de cette « hormone oestrogène » par l'ablation des deux ovaires, les organes accessoires s'atrophient rapidement et ne subissent plus les modifications caractéristiques de l'oestrus. Mais il est possible de produire artificiellement ces modifications dans l'utérus et le vagin d'animaux ovariectomisés, en leur injectant des extraits de tissu ovarien.

Deux substances oestrogènes très voisines, l'oestrone (I) et l'α-oestradiol (II), ont été isolées à l'état pur à partir du tissu ovarien. Elles possèdent le squelette carboné du 1,2-*cyclo*-pentenophénanthrène et sont donc classées comme des stéroïdes. Il suffit d'injecter par voie sous-cutanée 1/200.000 mg d'α-oestradiol à une souris ovariectomisée pour produire les modifications vaginales caractéristiques du cycle génital. L'oestrone étant un peu moins active que l'α-oestradiol dans la production de l'oestrus vaginal, on considère que c'est l'α-oestradiol qui est la véritable hormone oestrogène.

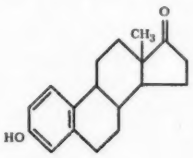
Chez l'homme et le cheval les substances oestrogènes sont excrétées en grandes quantités dans l'urine pendant la gestation; l'on avait isolé plusieurs de ces oestrogènes de l'urine et déterminé leur structure avant d'avoir pu isoler les substances oestrogènes ovariennes. L'urine de femme enceinte contient de l'oestrone, de l'α-oestradiol, et un troisième oestrogène, l'oestriol (III). Ce dernier se trouve en plus grande quantité dans l'urine de femme enceinte que l'oestrone et l'α-oestradiol, mais il est moins actif que les deux autres pour provoquer l'oestrus vaginal chez les animaux ovariectomisés.

On a isolé six substances oestrogènes de l'urine de jument gravide. Ce sont l'oestrone, l'α-oestradiol, le stéréo-isomère en C_{17} de celui-ci, le β-oestradiol (IV), l'équiline (V), l'équilénine (VI), et la 17-dihydroéquilénine. Il est intéressant de noter que l'on n'a pas jusqu'ici extrait d'oestriol de l'urine de jument gravide, et que d'autre part l'on n'a pas isolé d'équiline, d'équilénine, ni de 17-dihydroéquilénine de l'urine de femme enceinte.

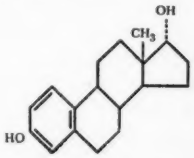
Il est probable que les oestrogènes qui sont excrétés en si grandes quantités dans l'urine au cours de la gestation sont formés dans le placenta



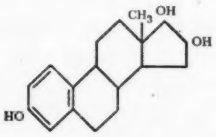
Squelette carboné des stéroïdes



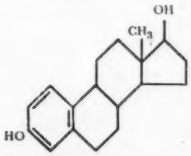
(I) *oestrone*



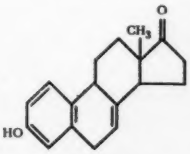
(II) *α-oestradiol*



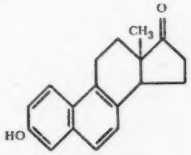
(III) *oestriol*



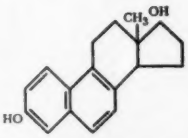
(IV) *β-oestradiol*



(V) *équiline*



(VI) *équilénine*



(VII) *17-dihydroéquilénine*

plutôt que dans l'ovaire. Voici en quelques mots les raisons que l'on a de penser ainsi: (*a*) Chez la femme et la jument la quantité d'oestrogènes excrétés dans l'urine diminue brusquement après la délivrance; (*b*) On a remarqué que chez les femmes qui ont subi une double ovariectomie au cours de leur grossesse la teneur en oestrogènes de l'urine reste élevée malgré l'absence des ovaires; (*c*) On a isolé du placenta de l'oestrone, de l'α-oestradiol et de l'oestriol, les trois oestrogènes présents dans l'urine humaine au cours de la grossesse.

OESTROGÈNES CONJUGUÉS DE L'URINE ET DU SANG

Au début de l'étude des oestrogènes de l'urine, plusieurs chercheurs observèrent indépendamment que l'on pouvait augmenter considérablement, en faisant bouillir l'urine en présence d'un acide, le rendement en substance active capable d'être extraite par des solvants organiques non miscibles à l'eau tels que l'éther ou le benzène. On conclut de ces observations qu'une grande partie des oestrogènes présents dans l'urine de femme et de jument en gestation s'y trouvent sous une forme combinée qui les rend plus solubles dans l'eau et moins solubles dans les solvants organiques non miscibles à l'eau.

On a isolé et caractérisé deux des oestrogènes combinés de l'urine. En 1936 Cohen et Marrian ont isolé un monoglycuronide d'oestriol de l'urine de femme enceinte et ont ensuite montré que l'acide glycuronique était fixé par une liaison glucosidique au groupement oxhydrile en C_{16} ou en C_{17} de l'oestriol. Schachter et Marrian (1936) ont montré que les oestrogènes de l'urine de jument gravide s'y trouvaient surtout sous forme d'esters sulfuriques et ils réussirent par la suite (1938) à isoler en petite quantité de la même source le sel de potassium de l'ester sulfurique de l'oestrone. Le travail de Butenandt et Hofstetter (1939) a montré que l'oestrone de l'urine de femme enceinte s'y trouve sans doute aussi sous la forme d'ester de l'acide sulfurique. On n'a pas pour le moment de preuve que l'oestriol existe à l'état naturel sous forme d'ester de l'acide sulfurique ni l'oestrone sous forme de glycuronide.

Les oestrogènes conjugués ne se rencontrent pas uniquement dans l'urine. Le placenta humain contient une forme hydrosoluble d'oestriol (Collip et col., 1934). Ce composé n'a pas encore été isolé à l'état pur, mais il semble probable que ce soit un monoglycuronide d'oestriol identique à celui de l'urine de femme enceinte. Mühlbock (1937, 1939) a montré que l'on pouvait augmenter la quantité d'oestrogènes présents dans le sang de femme enceinte et de jument gravide et solubles dans les solvants gras non miscibles à l'eau, par ébullition préalable en présence d'un acide. Rakoff et ses collaborateurs (1943) ont récemment confirmé la présence dans le sang de femme enceinte d'oestrogène conjugué soluble dans l'eau. Ces auteurs ont affirmé, mais leurs preuves paraissent insuffisantes, qu'il se pourrait que l'oestrogène sanguin soit lié aux protéines du sérum. L'oestrogène conjugué du sang étant certainement la forme « de transport » de l'hormone, il serait très intéressant d'arriver à l'isoler à l'état pur et de l'identifier.

TRANSFORMATION RÉCIPROQUE DE L'OESTRONE ET DES OESTRADIOLS DANS L'ORGANISME ANIMAL

Le fait que deux formes stéréo-isomères d'oestradiol se trouvent en même temps que l'oestrone dans l'urine de jument gravide fait penser que les oestradiols peuvent avoir pris naissance par réduction du groupement cétonique de l'oestrone. On a d'ailleurs des preuves directes que cette réduction peut se produire dans l'organisme animal. Stroud (1939) a isolé du β-oestradiol de l'urine de lapins qui avaient reçu des injections d'oestrone, et Pearlman et Pincus (1942) ont décelé la présence d'α-oestradiol dans l'urine d'hommes qui avaient reçu de l'oestrone.

Les expériences de Heard et de ses collaborateurs (1941) ont fourni des preuves non seulement de la réduction de l'oestrone dans l'organisme, mais aussi de l'oxydation de l'oestradiol en oestrone. Après avoir administré de l'α-oestradiol à des lapins et à un homme, ils ont pu isoler de l'oestrone et du β-oestradiol de l'urine des lapins et seulement de l'oestrone de celle de l'homme. Les résultats de Heard sur les lapins ont été confirmés par Fish et Dorfman (1942).

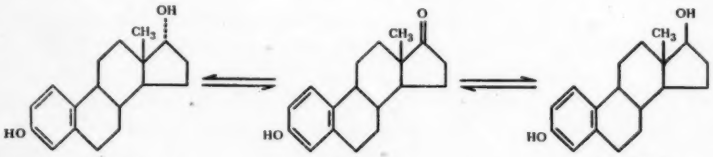
Il y a donc de bonnes raisons de croire que les deux oestradiols et l'oestrone peuvent être transformés les uns dans les autres dans l'organisme animal, comme le montre le schéma, page 37.

TRANSFORMATION DE L'OESTRONE EN OESTRADIOL

En 1937 Pincus et Zahl ont prétendu avoir démontré l'excrétion d'oestriol dans l'urine de lapins ayant reçu de l'oestrone. Mais dans ces expériences ils avaient conclu à la présence d'oestriol sur la foi d'une réaction colorée et ne l'avaient pas confirmée par isolement et caractérisation de

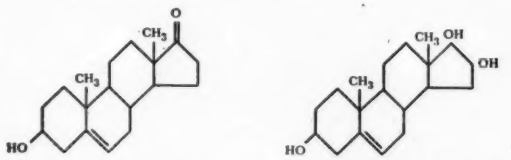
la substance pure. Heard et ses collaborateurs (1941) et Fish et Dorfman (1942) n'ont pas réussi à isoler l'oestriol de l'urine de lapins et de cobayes ayant reçu de l'oestrone.

Mais on a de bonnes preuves que chez l'homme l'oestrone peut être transformée en oestriol. Pearlman et Pincus (1942) ont isolé de l'urine d'un jeune homme ayant reçu une forte dose d'oestrone de petites quantités d'oestriol qu'ils ont pu identifier de façon satisfaisante. Mais il ne découle pas nécessairement de cela que l'oestriol présent dans l'urine de femme enceinte soit produit dans l'organisme à partir de l'oestrone ou de l'α-oestradiol et qu'il ne soit que le produit final du métabolisme de ces hormones. Il est fort possible que l'oestriol soit synthétisé directement par le placenta, et qu'il joue un rôle spécifique mais encore inconnu, au cours de la grossesse.



α-oestradiol *oestrone* *β-oestradiol*

Il semble possible que des 17-cétostéroïdes utres que l'oestrone soient transformés dans l'organisme en stéroïdes ayant des oxhydriles en position 16 et 17. Hirschmann (1943) a isolé récemment de l'urine d'un jeune garçon ayant une tumeur des surrénales un stéroïde appartenant à la série des hormones mâles et qui possède des oxhydriles en position 3, 16, et 17. C'est une hypothèse séduisante que celle selon laquelle ce Δ^5-androstène-3, 16, 17-triol aurait avec la déshydroisoandrostérone[1] les mêmes relations structurales et biologiques que l'oestriol avec l'oestrone. Néanmoins, cette hypothèse ne doit être acceptée qu'avec réserve, jusqu'à ce que l'on ait démontré que les configurations stéréochimiques des oxhydriles en C_{16} et C_{17} sont les mêmes dans cet androstène-triol et dans l'oestriol, et jusqu'à ce que l'on ait prouvé que l'androstène-triol peut être produit dans l'organisme à partir de la déshydroisoandrostérone. Marrian et Butler (1944) ont montré récemment que le même androstène-triol existe en faibles quantités dans l'urine d'hommes et de femmes normaux. Il est donc évident que son processus métabolique de formation dans l'organisme est normal.



Déshydroisoandrostérone *Δ^5-androstène-3 (α), 16, 17-trio*

DÉSHYDROGÉNATIONS ET HYDROGÉNATIONS DU SQUELETTE CARBONÉ DES OESTROGÈNES

On est en train d'accumuler des renseignements, malheureusement peu concluants, selon lesquels les déshydrogénations et les hydrogénations du squelette cyclique des oestrogènes peuvent se produire dans l'organisme en outre des oxydations et des réductions des groupements substitués que nous venons de discuter.

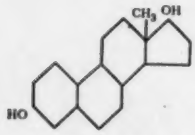
Chez la jument, les quantités d'équiline et d'équilénine augmentent par rapport à celles d'oestrone à mesure que la gestation avance. On a supposé d'après ces faits que l'équiline et l'équilénine pourraient être formées chez la jument par des déshydrogénations partielles successives de l'oestrone. Cette hypothèse n'est évidemment pas facile à vérifier par expérimentation directe.

L'isolement par Marker et ses collaborateurs (1938) de deux oestrane-diols isomères dans l'urine de femmes non enceintes, a fait songer à la possibilité d'une hydrogénation complète du noyau aromatique de l'oestrone dans l'organisme. Ces produits de réduction des oestrogènes n'ont pas été retrouvés dans l'urine de femmes enceintes, et d'après Marker et ses collaborateurs il semble que l'on puisse considérer leur formation comme faisant partie de l'utilisation normale de l'hormone au cours de cycle menstruel.

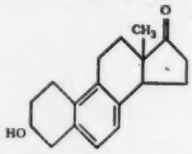
Heard et Hoffman (1940, 1941) ont obtenu des preuves indirectes en faveur de l'hypothèse selon laquelle le cycle A de la molécule d'oestrogène pourrait subir une hydrogénation complète dans l'organisme, lorsqu'ils ont isolé de l'urine de jument gravide le $\Delta^{5,7,9}$-*oestratriène*-3-*ol*-17-*one*, un isomère de liaison de l'oestrone dans laquelle c'est l'anneau B et non plus l'anneau A qui est

[1] La déshydroisoandrostérone est un stéroïde qui présente une activité androgénique et que l'on trouve dans l'urine humaine. Comme les quantités de ce stéroïde excrétées dans l'urine augmentent considérablement dans certains cas de cancer ou d'hyperdéveloppement des glandes surrénales, et comme il continue à être excrété après ablation des testicules ou des ovaires, on considère généralement qu'il est produit par les glandes surrénales.

aromatique. Ruzicka et ses collaborateurs (1938) et David (1938), ayant montré que le $\Delta^{5,7,9}$-*oestratriène*-3, 17-*diol* peut être obtenu par réduction de l'équilénine par le sodium et l'éthanol,



oestrane-diol



$\Delta^{5,7,9}$-*oestratriène-3-ol-17-one*

Heard et Hoffman suggèrent que le $\Delta^{5,7,9}$-*oestratriène-3-ol-17-one* pourrait être formé dans l'organisme à partir de l'équilénine par un mécanisme analogue d'hydrogénation préférentielle de l'anneau A.

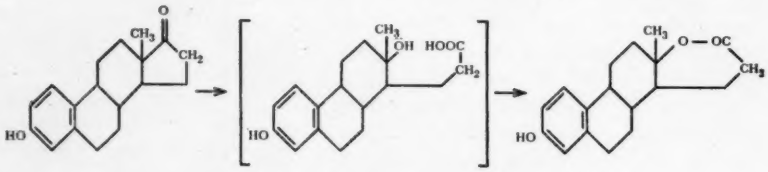
INACTIVATION DES OESTROGÈNES DANS L'ORGANISME ANIMAL

Plusieurs chercheurs ont démontré que l'on ne retrouve dans les produits d'excrétion et dans les tissus qu'une faible proportion des oestrogènes administrés aux animaux. Il en découle que l'organisme animal est capable d'inactiver de grandes quantités des oestrogènes administrés, et l'on peut supposer qu'une forte proportion de l'oestrogène endogène est inactivé de la même façon.

D'après le grand nombre de preuves accumulées il semble que le foie soit le principal organe d'inactivation des oestrogènes dans l'organisme. Zondek (1934) montra que les oestrogènes étaient inactivés *in vitro* en présence de pulpe de foie mais restaient actifs en présence de pulpe d'autres organes, et plus récemment, Heller et ses collaborateurs (1939) ont montré que les oestrogènes sont inactivés par des tranches de foie de rat mais non par des tranches de poumon, de rate, ou d'utérus de rat. Israel et ses collaborateurs (1937) ont trouvé que des oestrogènes administrés à une préparation de cœur-poumons perfusés étaient inactivés lorsque le foie était inclu dans le circuit, mais restaient actifs en l'absence du foie.

Certains auteurs considèrent que l'inactivation des oestrogènes par le foie serait due à un processus d'oxydation diastasique, bien que l'on n'ait pas encore identifié le système diastasique qui entre en jeu, et que l'on n'ait pas jusqu'ici isolé des tissus ou des produits d'excrétion des animaux de produits d'oxydation physiologiquement inactifs d'un oestrogène. Le travail de Westerfeld (1942) sur ce point présente un intérêt considérable. En traitant par l'eau oxygénée à la température du laboratoire pendant plusieurs jours de l'oestrone en solution alcaline, il obtint comme produit principal la lactone d'un acide formé par rupture de l'anneau D entre les atomes de carbone 13 et 17. Comme il est possible par oxydation avec de l'eau oxygénée de reproduire au laboratoire l'oxydation subie dans l'organisme animal par de nombreuses substances, il se peut que les produits d'oxydation des oestrogènes dans l'organisme soient des substances de ce type, bien que Heard et Hoffman (1941) n'aient pas réussi à isoler de composés de ce genre de l'urine d'un homme ayant reçu de fortes doses d'oestrogène.

Des travaux récents faits par O. W. Smith (1944) suggèrent que les produits d'oxydation des oestrogènes du même type que la lactone de Westerfeld auraient une importance physiologique considérable s'ils sont formés dans l'organisme. On sait depuis de nombreuses années que l'administration d'oestrogènes à des animaux stimule l'activité et produit une augmentation de volume du lobe antérieur de l'hypophyse, et que cette stimulation a pour résultats secondaires l'épuisement partiel de l'activité gonadotropique de la glande et une augmentation de volume des glandes surrénales par suite de l'augmentation de la production du facteur corticotrope hypophysaire. A la suite de nombreuses observations faites par lui-même et ses collaborateurs sur l'excrétion des oestrogènes chez la femme, Smith a avancé la théorie selon laquelle certains effets physiologiques attribués aux oestrogènes et notamment l'action sur le lobe antérieur de l'hypophyse, pourraient être dûs à des produits de dégradation des oestrogènes formés dans l'organisme plutôt qu'aux oestrogènes eux-mêmes. Smith fut donc conduit à étudier l'action stimulante sur l'hypophyse de la lactone de Westerfeld. Il trouva que ce composé, qui ne manifeste que très peu de l'activité oestrogénique de l'oestrone lorsqu'on utilise les méthodes courantes consistant à provoquer chez des animaux ovariectomisés les modifications



Oxydation de l'oestrone par l'eau oxygénée

vaginales de l'oestrus, est beaucoup plus actif que l'oestrone dans son action sur le lobe antérieur de l'hypophyse. Cette découverte extrêmement importante fait penser que l'inactivation des oestrogènes dans l'organisme pourrait avoir une signification physiologique beaucoup plus importante qu'on ne l'avait cru jusqu'ici, et elle devrait certainement encourager une étude plus poussée de la nature chimique du processus d'inactivation.

Campbell et Hey (1944) ont fait remarquer récemment que la quantité d'oestrogènes présents dans les différentes urines (d'homme et de femme, de jument et d'étalon) est à peu près proportionnelle à leur teneur en *p*-crésol. Ils suggèrent qu'il se pourrait que la tyrosine ne soit pas, comme on le suppose généralement, la seule source de *p*-crésol, et qu'une partie de celui-ci provienne de la dégradation dans l'organisme des oestrogènes ou des autres stéroïdes. Il faut espérer que cette intéressante suggestion sera suivie de recherches expérimentales directes.

BIBLIOGRAPHIE

BUTENANDT, A., et HOFSTETTER, H. *Z. physiol. Chem.*, 1939, **259**, 222.

CAMPBELL, N. R., et HEY, D. H. *Nature, Lond.*, 1944, **153**, 745.

COHEN, S. L., et MARRIAN, G. F. *Biochem. J.*, 1936, **30**, 57.

COHEN, S. L., ODELL, A. D., et MARRIAN, G. F. *Ibid.*, 1936, **30**, 2250.

COLLIP, J. B., BROWNE, J. S. L., et THOMSON, D. L. *Endocrin.*, 1931, **18**, 71.

DAVID, K. *Acta brev. Neerl.*, 1938, **8**, 211.

FISH, W. R., et DORFMAN, R. I. *J. Biol. Chem.*, 1942, **143**, 15.

HEARD, R. D. H., BAULD, W. S., et HOFFMAN, M. M. *J. Biol. Chem.*, 1941, **141**, 709.

HEARD, R. D. H., et HOFFMAN, M. M. *Ibid.*, 1940, **135**, 801.

Idem. Ibid., 1941, **138**, 651.

Idem. Ibid., 1941, **141**, 329.

HELLER, C. G., HELLER, E. J., et SEVRINGHAUS, E. L. *Am. J. Physiol.*, 1939, **126**, 530.

HIRSCHMANN, H. *J. Biol. Chem.*, 1943, **150**, 363.

ISRAEL, S. L., MERANZE, D. R., et JOHNSTON, C. G. *Am. J. Med. Sci.*, 1937, **194**, 835.

MARKER, R. E., ROHRMANN, E., LAWSON, E. J., et WITTLE, E. L. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1938, **60**, 1901.

MARRIAN, G. F., et BUTLER, G. C. *Biochem. J.*, 1944, **38**, 322.

MÜHLBOCK, O. *Z. physiol. Chem.*, 1937, **250**, 139; *Lancet*, 1939, **i**, 634.

PEARLMAN, W. H., et PINCUS, G. *J. Biol. Chem.*, 1942, **144**, 569.

RAKOFF, A. E., PASCHKIS, K. E., et CANTAROW, A. *Am. J. Obst. Gyn.*, 1943, **46**, 856.

RUZICKA, L., MÜLLER, P., et MÖRGELI, P. *Helv. chim. Acta*, 1938, **21**, 1934.

SCHACHTER, B., et MARRIAN, G. F. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1936, **35**, 222.

Idem. J. Biol. Chem., 1938, **126**, 663.

SMITH, O. W. *Endocrinology*, 1944, **35**, 146.

STROUD, S. W. *J. Endocrin.*, 1939, **1**, 201.

WESTERFELD, W. W. *J. Biol. Chem.*, 1942, **143**, 177.

ZONDEK, B. *Skand. Arch. Physiol.*, 1934, **70**, 133.

Revue des livres

UN COURS D'OPTIQUE EXPÉRIMENTALE

Practical Optics, *par B. K. Johnson. Pp. viii + 189. The Hatton Press Limited, Londres.* 1945. 15*s. net.*

Un auteur riche d'expérience dans l'enseignement et dans la pratique de son sujet, ne peut que fournir un travail compétent, et ce sont ces qualités que l'on rencontre dans l'ouvrage de B. K. Johnson, *Practical Optics*.

Les expériences décrites dans les premiers chapitres, et illustrant le chemin optique du faisceau lumineux dans différents systèmes optiques, trouveront leur place dans les cours élémentaires sur la lumière.

Dans le chapitre III les principes du téléscope sont traités avec des détails appropriés. Toutefois, cet exposé est gâté par une fausse représentation de l'épreuve des objectifs avec et sans aberration. Le lecteur fera bien de consulter les photographies publiées dans *Testing and Adjustment of Telescopic Objectives*, par H. D. Taylor.

Le pouvoir séparateur du microscope est calculé en partant des sources ponctuelles non cohérentes au lieu d'une mire à structure périodique. Ce dernier traitement aboutit à la formule d'Abbe, qui est la formule couramment employée. Dans la partie relative à la microscopie des ultra-violets l'auteur révèle qu'il est une autorité incontestable. Par contre il ignore complètement et sans raison plausible les développements des lentilles photographiques durant les 20 ou 30 dernières années.

Il y a deux erreurs typographiques: l'orthographe de *Amphipleura* (p. 83) et fig. 127, Coolne au lieu de Cooke. Elles seront sans aucun doute corrigées dans une seconde édition que ce livre mérite.

H. H. HOPKINS

INTERPRÉTATION DES ONDES PÉRIODIQUES

Wave-form Analysis, *par R. G. Manby. Pp. xi + 275. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. 21*s. net.*

Ce livre résume le travail de Mr Manby à la section d'études sur les vibrations de la « de Havilland Aircraft Company ». En commençant ce travail il trouva que très peu d'informations avaient été publiées à ce sujet. Il développa donc sa propre technique, dont ce livre est le résultat. Ce livre pourrait s'intituler correctement « Ce que tout jeune ingénieur doit savoir sur les séries de Fourier ». Le jeune ingénieur doit savoir beaucoup de choses. Ce livre contient des chapitres mathématiques discutant le théorème de Fourier, et donne le développement d'un nombre de fonctions. La plus grande partie de l'ouvrage traite de la technique pratique de l'analyse harmonique telle qu'elle est pratiquée par les ingénieurs. En dehors des chapitres purement mathématiques, les méthodes pratiques d'analyse sont discutées en détail, y compris l'analyse par procédés mécaniques. De nombreuses illustrations d'enregistrement de vibrations obtenues dans la pratique accompagnent le texte. Un chapitre est consacré aux figures de Lissajou. N. F. MOTT

ANALYSE DES COMPOSÉS ORGANIQUES

Organic Reagents for Organic Analysis, *par le personnel du Laboratoire de Recherche de Hopkin & Williams Limited. Pp.* 172. *Hopkin & Williams Limited, Londres.* 1944. 5*s.* 6*d. net.*

Ce petit volume énumère les réactifs principaux des substances suivantes: acides organiques; alcools; aldéhydes et cétones; alcaloïdes; amides; amines primaires, secondaires et tertiaires; dérivés barbituriques; éthers; halogénures; hydrocarbures aromatiques; mercaptans; nitriles; phénols; sulfamides et acides sulfonés. On y trouve une sélection de références des mémoires originaux. En accord avec le but cherché par les auteurs qui est « l'emploi de réactifs organiques pour préparer des dérivés de substances organiques afin de les identifier par leurs points de fusion », les différentes substances sont divisées en: « réactifs de choix » et « autres réactifs ». Les détails expérimentaux et les points de fusion sont donnés seulement pour les premiers. Le choix est largement influencé par la stabilité du réactif et la facilité avec laquelle il peut être obtenu, par la facilité avec laquelle les dérivés peuvent être préparés et purifiés, et aussi par la diversité des points de fusion de composés très voisins. Les auteurs ont trouvé en vérifiant quelques points de fusion déjà publiés que « dans un très grand nombre de cas les publications et les livres de références sont contradictoires et inexacts ». Des tables de points de fusion de dérivés divers des « réactifs de choix » sont données à la fin du livre.

Tout ceux qui s'intéressent à l'analyse organique qualitative trouveront cet ouvrage utile et désireront en posséder un exemplaire. Son utilité serait accrue par l'adjonction: (*a*) de plus de détails expérimentaux qu'il n'y a dans le texte et (*b*) d'autres méthodes expérimentales (quand elles existent) pour certains réactifs. Ce livre est bien présenté et possède un bon index.

A. I. VOGEL

STRUCTURE DES COMPOSÉS MINÉRAUX

Structural Inorganic Chemistry, *par A. F. Wells. Pp. viii + 590. Clarendon Press, Oxford.* 1945. 25*s. net.*

Nous devons les premiers éléments sur la structure des minéraux au travail déjà ancien fait il y a un quart de siècle par les deux Bragg et au cours duquel ils utilisèrent les rayons X pour l'analyse du sel gemme et d'autres cristaux cubiques. Après quelques années de progrès lent mais régulier le sujet se ramifia dans plusieurs directions presque trop nombreuses. Cette étude a montré que les renseignements nouveaux et très précis obtenus sur la structure de nombreuses substances telle que les poudres à blanchir, les oxydes de plomb, le pentachlorure de phosphore et les silicates étaient très différents de ceux qu'on déduit de la chimie plus ancienne. De nouveaux problèmes se sont posés et ont été résolus, en particulier ceux qui concernent les métaux, et nos connaissances sur les propriétés des atomes et molécules se sont considérablement accrues.

Ce livre donne un exposé très clair des résultats de ce travail pour la chimie minérale. L'auteur, bien qu'il soit maintenant cristallographe, a le grand avantage d'avoir d'abord été chimiste, et l'ouvrage est écrit par un chimiste pour un autre chimiste.

On ne peut qu'être reconnaissant à A. F. Wells pour son exposé très claire de chaque aspect du sujet. La longueur du livre présente un problème pour l'étudiant. Le sujet est si varié et ramifié, et touche en tant de points à la chimie ordinaire, que, quelle que soit sa présentation, la lecture de ce livre ne peut qu'être ardue pour le débutant. E. J. BOWEN

MÉTHODES COURANTES D'ANALYSE COLORIMÉTRIQUE

Colorimetric Analysis, *par Noel L. Allport. Pp. xii + 452 avec* 37 *tableaux. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. 32*s. net.*

La détermination de substances présentes à de très faibles concentrations et l'analyse de très petits échantillons, sont des problèmes d'importance croissante en recherche chimique. Le grand avantage de la colorimétrie pour des analyses de ce type et la facilité de son emploi en analyse courante lorsqu'une grande précision n'est pas nécessaire, fait de l'exposé des méthodes colorimétriques courantes par Mr Allport une addition précieuse aux publications chimiques.

Ce livre est essentiellement destiné au travailleur de laboratoire, et les discussions théoriques ont été délibérément réduites au minimum. Cette omission est cependant compensée par de nombreuses références. Le texte est divisé en une série de monographies consacrées aux méthodes employées pour la détermination de substances spécifiques ou radicaux. L'introduction de chaque monographie est suivie par de nombreux détails pratiques sur les méthodes qui se sont montrées dignes de confiance après expérimentation. Chaque méthode est discutée et ses limites d'application sont données. On donne aussi les modifications nécessaires pour l'analyse de substances particuliers, telles que les produits alimentaires.

Le texte est bien présenté et les répétitions ont été largement évitées. L'attitude critique et les références fréquentes à son expérience personnelle montrent que l'auteur possède bien son sujet. Contrairement à beaucoup d'enthousiastes, il ne tombe pas dans l'erreur de prétendre que ces méthodes peuvent donner une exactitude plus grande que celle que la pratique courante peut obtenir. Cette précaution est nécessaire dans la discussion des méthodes colorimétriques car elles sont particulièrement susceptibles d'être faussées par la présence de substances étrangères.